24557

BIBLIOTECA SCIENTIFICA INTERNAZIONALE

VOL. XII.°

Digitized by Google

Biblioteca Scientifica Internazionale

SI È PUBBLICATO:

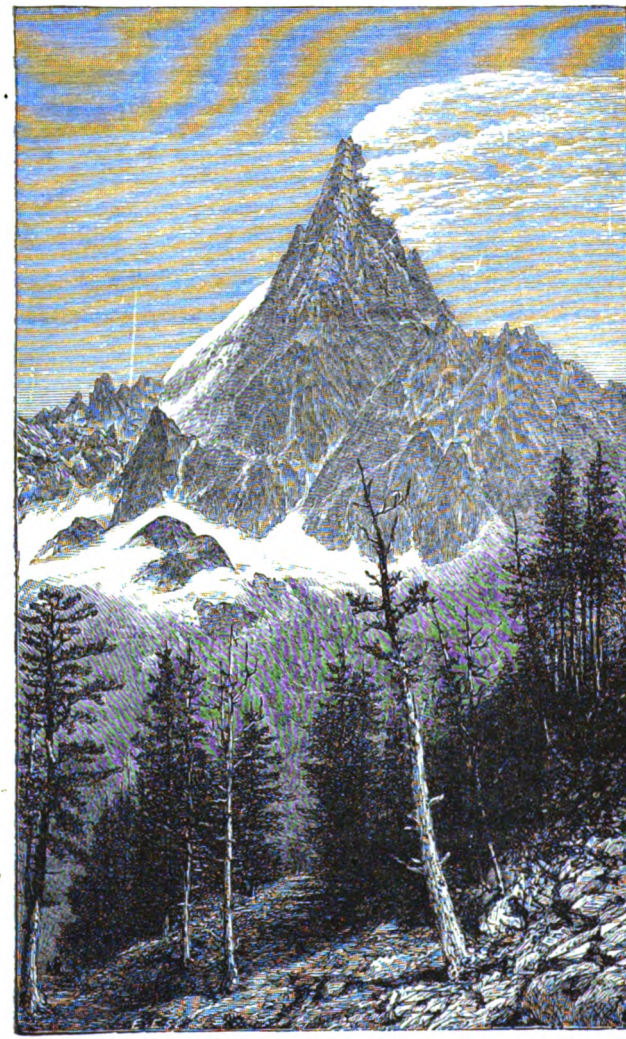
Blaserna. La teoria del suono . . . . . L. 5 —
Balfour Stewart. L'Energia, sue forme — sue leggi — sua conservazione . . . . . » 5 —
Maudsley. La risponsabilità nelle malattie mentali . . . » 6 —
Schutzenberger. Le fermentazioni . . . . . » 6 —
Vogel. Gli effetti chimici della luce e la fotografia nelle loro applicazioni alla scienza, all'arte, all'industria. . . . . » 6 —
Jevons. La Moneta e il meccanismo dello scambio . . . . . » 6 —
Draper. Conflitti tra la religione e la scienza . . . . . » 6 —
Dwight-Whitney. La vita e lo sviluppo del linguaggio . . » 6 —
Berthelot. La sintesi chimica . . . . . » 6 —
Cooke. La nuova chimica . . . . . » 6 —
Vignoli. Della legge fondamentale della intelligenza nel regno animale . . . . . » 5 —
Legatura all'inglese ogni volume. . . . . » 1 50

DI PROSSIMA PUBBLICAZIONE:

Quatrefages. La Specie umana . . . . . 1 Vol.
P. Secchi. Le Stelle, saggio di meccanica celeste . . . . 1 »
Lombroso Cesare. Pensiero e meteore, note di un alienista. 1 »
Bernstein. I cinque sensi dell'uomo . . . . . 1 »
Dumont. La scienza della sensibilità . . . . . 1 »
Fuchs. Vulcani e Terremoti . . . . . 1 »
Messedaglia. La Moneta . . . . . , 1 »
Id. Il Credito . . . . . 1 »
Cossa Luigi (Prof. d' Economia politica nella R. Università di Pavia). Il Lavoro e le sue trasformazioni economiche 1 »
Spencer. La Sociologia . . . . . 1 »

Digitized by Google

Digitized by Google



PENNACCHIO DI NUBI DELL'AIGUILLE DU DRU. (n.° 87 e 227.)

Digitized by Google

LE FORME DELL'ACQUA

NUBI E FIUMI, GHIACCIO E GHIACCIAJ

DI

J. TYNDALL

PROFESSORE DI FISICA NELLA ROYAL INSTITUTION

PRECEDUTE DA DUE DISCORSI E DA UNA LETTERA

DELL'ON. COMM. QUINTINO SELLA

E SEGUITE DA UNA CONFERENZA, UNA MEMORIA ED UNA LETTERA
SUL MEDESIMO ARGOMENTO

DI H. HELMHOLTZ

COLLA RISPOSTA DI J. TYNDALL

con molte figure intercalate nel testo ed eseguite sotto la direzione
degli autori

PROTOCENOBIO SVBLACENSE
PAX

MILANO
FRATELLI DUMOLARD
1877.

Digitized by Google

Proprietà letteraria.

MILANO, COI TIPI DI A. LOMBARDI

RAJ0217153

Digitized by Google

INDICE

Pennacchio di nubi dell'Aiguille du Dru . . . Frontispizio
Discorso dell'Onor. Quintino Sella . . . . . Pagina 1
Brindisi dell'Onor. Quintino Sella 9
Una salita al Monviso. Lettera di Quintino Sella a B. Gastaldi. 16
Le forme dell'acqua, nubi e fiumi, ghiaccio e ghiacciai . . 60
Prefazione di J. Tyndall 62
§ 1. 2. Nubi, pioggia e fiumi 68
3. Teoria delle onde 73
4. Onde di calore 75
5. Esperimenti che provano quanto si è detto 78
6. Distillazione oceanica 82
7. Piogge tropicali 86
8. Condensatori dei vapori nelle montagne 89
9. Architettura della neve 91
Cristalli della neve 93
10. Poli degli atomi 95
11. Struttura del ghiaccio dei laghi 96
Fiori liquidi nel ghiaccio di lago 98
12. La sorgente dell'Arveiron. Pinnacoli di ghiaccio, torri e crepacci del ghiacciajo des Bois. Passaggio al Montanvert 99
Sorgente dell'Arveiron 100
Pinnacoli di ghiaccio 101
Mer de Glace, Monte Tacul e la Grande Jorasse . . . 103
13. La Mer de Glace e le sue sorgenti 104
14. Cascata di ghiaccio e nevi del Col du Géant 106
15. Cosa c'insegnano i ghiacciai 108

Digitized by Google

Piano della Mer de Glace . . . . . Pagina 110
§ 16. Ramificazioni e morene medie della Mer de Glace . . 111
17. Il Talèfre e il Jardin 112
18. Movimento dei ghiacciai. Emergenza dei corpi seppelliti in un crepaccio 114
Crepacci sul Grand Plateau 116
19. Movimento dei ghiacciai. Misure di Hugi e di Agassiz. Capanne che galleggiano sul ghiaccio 118
20. Misure esatte di Agassiz e di Forbes 119
21. Il teodolite e modo di usarne. Misure nostre 121
22. Movimento della Mer de Glace 124
Piano lineare delle misure prese sulla Mer de Glace . . 125
23. Movimento ineguale dei due lati della Mer de Glace . . 128
24. Analogia tra il movimento di un ghiacciajo e quello di un fiume. 130
25. Nuova legge del movimento dei ghiacciai 134
26. Movimento dell'asse della Mer de Glace 135
27. Movimento dei ghiacciai tributarii 136
28. Movimento d'alto e basso del ghiacciajo 137
29. Compressione laterale di un ghiacciajo 140
30. Compressione longitudinale di un ghiacciajo . . . 141
31. Sdrucciolamento e colamento. Ghiaccio duro e ghiaccio molle 143
32. L'inverno sulla Mer de Glace. 144
33. Movimento della Mer de Glace nell'inverno 149
34. Movimento dei ghiacciai di Grindelwald e di Aletsch . ivi
35. Movimento del ghiacciajo di Morteratsch 151
36. I Crepacci; riflessioni 153
37. Ghiacciuoli 155
38. Il Bergschrund 157
39. Crepacci trasversali 158
40. Crepacci marginali 160
41. Crepacci longitudinali 162
42. Crepacci in relazione colla curva del ghiacciajo . . 164
43. Morene, tavole del ghiacciajo e coni di sabbia . . . 165
44. Mulini del ghiacciajo. 169
45. Cambiamento di volume dell'acqua per effetto del caldo e del freddo 171

Digitized by Google

§ 46. Conseguenze che risultano dalle proprietà ora dette dell'acqua. Errori corretti . . . . . Pagina 175
47. Meccanismo molecolare del congelamento dell'acqua . 177
48. Le strisce terrose della Mer de Glace 179
49. Ghiacci di mare ed Icebergs. 183
50. L'Æggischhorn, il Märgelin See e suoi Icebergs . . 188
51. Il Bel Alp. 190
52. Il Riffelberg e il ghiacciajo di Görner 192
53. Ghiacciai antichi della Svizzera 196
54. Massi erratici 198
55. Ghiacciai antichi d'Inghilterra, d'Irlanda, di Scozia e di Wales. 200
56. L'epoca glaciale 202
57. Teoriche dei ghiacciai 204
58. Teoriche della dilatazione e dello sdrucciolamento . . 205
59. Teorica della plasticità 206
60. Teorica della viscosità 210
61. Teorica del rigelo 212
62. Causa del rigelo 214
63. Opinione di Faraday sul rigelo 220
64. Le vene azzurre dei ghiacciai 224
65. Nesso fra la struttura e la pressione 231
66. Clivaggio dell'ardesia e struttura lamellata del ghiacciajo. 234
67. Conclusione 238
Appendice. Conferenza di H. Helmholtz sul ghiaccio e i ghiacciai 241
Ghiacciajo d'Unteraar colla morena centrale 247
Carta della Mer de Glace di Chamounix 249
Sezione longitudinale della Mer de Glace di Chamounix . 251
Parte inferiore del ghiacciajo di Görner presso Zermatt . 254
Superficie della Mer de Glace presso Montanvert . . . 257
Ghiacciajo dei Bois al basso della Mer de Glace . . . 258
Ghiacciajo di Görner presso Zermatt 252
Studio di H. Helmholtz sul rigelo 287
Lettera di J. Tyndall intorno alla conferenza di Helmholtz sul ghiaccio e sui ghiacciai 296
Lettera di Helmholtz ad E. Aglave 313

Digitized by Google

Digitized by Google

Quest' opera, che il sottoscritto presenta tradotta ai lettori della Biblioteca scientifica internazionale, è uscita dalla penna di uno dei più illustri scrittori di cose scientifiche. L'autore vi tratta con mano maestra il grandioso ed imponente mondo dei ghiacciai, ed essendo egli stesso grande alpinista, mostra con splendido esempio come lo scienziato e lo scrittore debbano esaminare e descrivere la natura.

Fra noi, grazie alla nobile iniziativa presa dal Commendator QUINTINO SELLA, *è sorto, or sono dodici anni, un Club alpino, il quale si è rapidamente esteso per tutta l'Italia e conta nelle numerose sue sezioni meglio che duemila soci. La nostra gioventù vi è accorsa volonterosa e, sotto la direzione di capi esperti e coraggiosi, ha iniziato molteplici e difficili escursioni, le quali costituiscono fin d'ora un patrimonio non indifferente di cognizioni acquisite con perseveranza e con ardimento, e fanno giustamente prevedere risultati sempre più brillanti. L'Italia che per montagne elevate non è inferiore a nessun altra contrada d'Europa, non deve rimanere indietro alle altre nazioni nello studio di esse.*

L'editore dedica quindi questo interessante volume ALLA GIOVENTÙ DEL CLUB ALPINO, *la quale vi troverà delle notizie utilissime sulla natura e sulla forma dei ghiacciai, esposte in forma molto attraente.*

Digitized by Google

In pari tempo esso crede far cosa grata ai lettori della Biblioteca internazionale, aggiungendovi un discorso ed un brindisi, pronunziati dal Commendator QUINTINO SELLA *nell'occasione del VII Congresso del nostro Club alpino, come pure la ormai celebre sua lettura al* Prof. B. Gastaldi, *in cui descrive la sua salita al Monviso. Questa lettera fu il primo impulso e la cagione principale, che diede vita al Club alpino.*

Finalmente si è aggiunta a questa edizione una bellissima conferenza di H. Helmholtz *sul ghiaccio ed i ghiacciai, uno studio del medesimo autore sul rigelo del ghiaccio, una lettera di* J. Tyndall *ed un' altra breve lettera di* Helmholtz *sul medesimo argomento. I nomi illustri degli autori non hanno bisogno di altra raccomandazione.*

Milano, maggio 1877.

L' EDITORE.

Digitized by Google

I.

DISCORSO

Pronunciato dall'Onorevole Quintino Sella all'apertura del VII Congresso del Club alpino Roma, 1874.

Anzitutto ringrazio la direzione della sezione torinese del Club alpino dell'onore che mi volle fare commettendomi l'alto ufficio di presiedere il 7° congresso del Club.

La direzione stessa desidera che io dia un sunto dell'andamento del Club durante l'undicennio decorso dalla sua fondazione, ed io obbedirò al desiderio con brevi cenni.

Venti anni fa era penosa cosa lo imprendere serie escursioni alpine. Difficile trovare compagni, pochissime le guide esperte nelle nostre valli, ed in nessun luogo gli aiuti di notizie e cose che tanto agevolano simili imprese. Pochi quelli che osservassero e studiassero le nostre montagne, indagate allora più dagli stranieri che dagli italiani. L'alpinismo considerato come una originalità, una specie di mattía concessa tutt'al più agli inglesi affetti dallo *spleen*.

Digitized by Google

Cominciai a trarre buoni auspicî quando, fatto nel 1863 col S. Robert il progetto di una salita al Monviso, ci si trovammo a salirlo nientemeno che in quattro; numero che mi parve allora ragguardevole.

Mi feci animo, e nella descrizione della gita pubblicata nell'*Opinione* sotto forma di lettera al Castaldi, proposi il Club alpino italiano.

Confidavo nel buon esito, ma questo fu si splendido da superare ogni aspettativa.

Lettere di adesione giungevano da più parti, e due mesi dopo, il 23 ottobre 1863, trenta soci fondatori costituivano il Club, provvedendo un fondo di oltre 3000 lire per il primo impianto.

Verso il fine dell'anno stesso vi era quasi 200 soci pieni di buon volere.

Il Club era fondato: restava la prova più difficile della durata. Ma le bellezze delle Alpi ispirano serie e durature passioni. Potrei cominciare a parlare della mia personale esperienza. Preferisco citare il Walker che a 59 anni saliva il Monbianco, ed a 61 il Cervino.

Qualche momento di difficile sosta vi fu, ma presto si superò, ed ecco il risultato.

Una sede sola si ebbe dapprima, quella di Torino sebbene vi fossero fino dal principio soci delle diverse parti del regno. Si hanno ora in totale 20 sezioni, cioè: Torino (1863); Aosta (1865); Varallo (1867); Agordo e Firenze (1869); Domodossola (1870); Napoli (1871); Susa, Chieti, Sondrio, Biella (1872); Bergamo, Roma, Milano Auronzo, Aquila, Cuneo (1873); Tolmezzo, Intra, Lecco (1874). Altre sezioni sono in via di formazione. Sull'annua quota di 20 lire per ogni socio, 10 rimangono alla se-

Digitized by Google

zione, 10 vanno alla direzione centrale per la spesa del *Bollettino.*

Il numero dei soci andò crescendo come segue: da quasi 200 soci verso la fine del 1863 si crebbe, ma poi si era ancora a 200 nel 1867; quindi fu negli anni consecutivi di 260, 300, 329, 500, 900, 1600 ed ora nel 1874 siamo verso i 2100. Numero veramente ragguardevole.

Questo numero di soci varia nelle diverse sezioni da 296 (Varallo) a 16 (Chieti) e le sezioni per ordine di numero di soci sono: Varallo, Torino, Biella, Milano, Napoli, Sondrio, Firenze, Intra, Tolmezzo, Aosta, Roma, Susa, Domodossola, Agordo, Bergamo, Aquila, Auronzo, Cuneo, Lecco e Chieti.

L'operato del Club nella parte scientifica e dottrinaria consistette essenzialmente nelle pubblicazioni e nelle osservazioni meteorologiche.

Per le pubblicazioni si incoraggiò dapprima un giornale alpino iniziato dal prof. Cimino. Dal 1865 il Club pubblicò direttamente il suo *Bollettino* giunto oggi all'ottavo volume e comprendente un 3500 pagine, 60 tavole tra panorami, disegni, piani, sezioni, oltre i disegni intercalati nel testo. Si cominciò sopratutto con riproduzioni di memorie e notizie tratte da giornali esteri, ma collo sviluppo dell'alpinismo crebbero, e sono ormai esclusive le memorie originali.

Ora il Club ha una minore pubblicazione mensile per i minori scritti e gli atti della Società, l'*Alpinista.*

Talune sezioni pubblicarono *Guide alpine* del loro distretto. Parecchi soci pubblicarono diversi volumi di monografie, sicchè abbiamo ormai una rispettabile biblioteca alpina.

Digitized by Google

Vuolsi però confessare che se il Club ha reso qualche servizio alla scienza, molto più grande è il servizio che ne ricevette. È mio dovere ricordare che uno dei più operosi per la fondazione del Club fu il S. Robert, scienziato distintissimo, cui erano movente i propositi scientifici; che altamente benemerito per la durata del Club fu un geologo eminente, il Gastaldi. Vedeste ai nostri giorni quanto abbia contribuito all'estensione del Club in Lombardia l'autorità di altro illustre geologo, dello Stoppani.

Ma io confido che presto il Club restituirà con usura alla scienza il servigio che ne ebbe.

Nel 1864 il Club iniziò in Torino una serie di osservazioni meteorologiche, ma si cessò quando il governo ivi associò un osservatorio metereologico all'astronomico. Intanto, specialmente per opera dell'infaticabile nostro collega il Padre Denza, si iniziarono o collegarono 36 stazioni meteorologiche, delle cui osservazioni si pubblica un sunto mensile nell'*Alpinista*, e di cui undici furono create per iniziativa del Club alpino; cioè Valdobbia, Domodossola, Belluno, Casteldelfino, Susa, Saluzzo, Crissolo, Stelvio, Varallo, Tolmezzo, Alvernia.

Il Club diede opera specialmente per la iniziativa del benemerito nostro collega Budden a molti miglioramenti materiali. Si promosse la costruzione di rifugi, come sul Monviso nel 1864, sul Cervino nel 1865, ecc. Si migliorarono parecchie strade montane. Nel 1866 si aprì una sottoscrizione per l'abbellimento di Courmayeur appiè del Monte Bianco, ed essa fruttò circa 5000 lire. Anche nei casi di infortunio, come delle inondazioni, di terremoti, si raccolsero importanti sottoscrizioni.

L'ordinamento del servizio delle guide, la tutela dei

Digitized by Google

viaggiatori riguardo agli alberghi fu oggetto di preoccupazioni di parecchie sezioni.

Nel campo economico ebbe il Club ad occuparsi seriamente di argomento gravissimo, del rimboschimento delle montagne. Premii ragguardevoli furono elargiti prima dal Budden, poscia dal Consiglio provinciale di Torino, sebbene non siansi potuti ancora assegnare. Ma il fatto più importante fu una legge la quale obbliga i comuni a coltivare o ridurre a bosco, ovvero ad alienare i loro beni incolti.

Questo concetto enunciato da uno dei nostri colleghi nella riunione della Società delle scienze naturali in Biella nel 1864, venne assunto con alpina tenacità dal nostro collega Torelli. Al suo progetto egli ottiene l'appoggio del Congresso alpinista di Sondrio, e poscia valendosi del suo diritto d'iniziativa ei lo presenta al Senato. A voi che conoscete le montagne parrà incredibile, ma il progetto Torelli incontrò vive resistenze nel Senato e nella Camera dei deputati. Ma difeso in quello dal proponente e da un valente economista, il Lampertico, sostenuto alla Camera da un altro dei nostri colleghi, ed ivi appoggiato dal banco dei ministri da un terzo socio, dal Finali, e dal seggio della presidenza da uno dei fondatori del Club, dal Biancheri, il progetto Torelli diventò finalmente legge dello Stato.

Ho ricordato le vive opposizioni non già per rancore, tanto più che dipendevano da un principio elevato cui tutti rendiamo omaggio, da amore della libertà dei comuni, ma perchè in minori Consigli l'attuazione della legge può essere avversata da cause molto meno alte e assai più pericolose che non siano quelle dipendenti da considera-

Digitized by Google

zioni teoriche o da principii. Fa quindi mestieri che ciascun alpinista sorvegli attentamente la esecuzione di questa legge, che veramente può dirsi la legge del Club Alpino. Tocca a ciascun di noi il curare che rechi i suoi frutti. Ricordatevi bene che entro un quinquennio le terre comunali incolte debbono essere dal comune o coltivate, o ridotte a bosco, o vendute. Una volta ridotte a proprietà private, lasciate agire il privato interesse. Non dirò che il privato vi farà sorgere secolari foreste; però esso ha sempre un supremo interesse, quello di farvi crescere almeno tante piante quante occorrono per la conservazione del terreno vegetale e della verdura.

Mi direte: tocca al governo far eseguire la legge. Non dimentichiamo, o signori, che nei paesi liberi l'azione amministrativa diretta dal governo non è così vigorosa come in altri reggimenti. Potente invece è l'opinione pubblica, la quale agisce irresistibilmente sui tanti organi per cui la cosa pubblica si amministra. L'opinione pubblica sulla questione forestale non è ancora abbastanza gagliarda in Italia. Non si capisce abbastanza quali sarebbero le conseguenze del togliersi ogni pianta alle montagne, e quando ridotte le medesime a nude roccie non trattenessero l'acqua che ci cade sopra, cosicchè si avesse una alternativa di irresistibili inondazioni e di desolate siccità. Se l'opinione pubblica fosse abbastanza formata, i precetti forestali avrebbero in Parlamento ed in altri Consigli migliore accoglienza.

Torniamo all'operato del Club. Oltre alla sua azione diretta, considerate la indiretta. I nostri colleghi più giovani e più arditi si lanciano animosi sulle alte cime. I più bei fiori ci furono tolti da chi ci precedette, chè le cime più

Digitized by Google

rimarchevoli furono salite prima che noi cominciassimo. Però alcune punte rispettabilissime ci furono lasciate intatte, ed esse vengono aggredite con splendido successo dai nostri colleghi. I soci più attempati percorrono colle famiglie le valli ed i colli. E dietro loro una corrente sempre più intensa di abitanti delle città e delle pianure si muove nell'estate verso le montagne. Lochè trae seco vantaggi ragguardevoli di ogni genere, anche economici. Mi si lasci ricordare che le nostre montagne racchiudono importantissime miniere di forza motrice, le quali possono contribuire largamente allo sviluppo economico d'Italia.

In fatto di alpinismo l'Italia non fa oggi cattiva figura se paragonata ad altre nazioni. Da una importante pubblicazione della Sezione di Firenze ritraggo che si hanno oggi in Europa i seguenti Club Alpini: 1° Londra (1858) con 300 soci; 2° Vienna (1862) con 1000 soci; oggi esso è fuso col Tedesco; 3° Svizzero (1863 aprile) con 1745 soci; 4° Italiano (1863 ottobre) con 2100 soci; 5° Pirenei (1865) con 63 soci; Tedesco (1869) ma oggi Tedesco-Austriaco per la fusione col n° 2 con 3000 soci; 6° Touristi di Vienna (1869) con 600 soci; 7° Stiria (1870) con 732 soci; 8° Vosgi (1872) con 855 soci; 9° Trentino (1873) con 153 soci; 10° Ungheria (1873) con 425 soci; 11° Polacco (1874 marzo) con 300 soci, e sia lecito ricordare la parte che ebbe alla fondazione di questo Club il nostro collega di Arnese; 12° Francese (1874 aprile) con 300 soci.

Siamo adunque il 4° Club d'Europa per ordine di antichità, ed il secondo per numero di soci. Correremmo rischio di essere il primo se il Club tedesco-austriaco fosse diviso fra la Germania e l'Austria.

Digitized by Google

Si hanno oggi in Europa circa 11,000 alpinisti aggregati a Club alpini. Per ordine di nazionalità essi dividonsi come segue: 5200 tedeschi ed austriaci; 2300 italiani (compresi in essi i trentini); 1800 svizzeri; 500 ungheresi; 400 francesi; 300 inglesi (pochi ma valenti) forse 300 polacchi.

Possiamo essere soddisfatti. Confesso che non mi occorse mai di esporre numeri con la contentezza che oggi provo. Ma non addormentiamoci sugli allori. La nostra divisa è *excelsior*. Gli alpinisti sanno che chi si ferma è presto raggiunto e sorpassato da chi cammina. Avanti dunque.

Io termino con un augurio. Possiamo noi od i nostri successori fra un altro decennio in questa stessa provincia di Torino, ove nacque, ove fu ed è così cordialmente ospitato il Club alpino, ed ove sarebbe giusto il venire a fare una decennale rivista dell'operato del Club, possiamo, ripeto, nel 1884 constatare un incremento nel Club e nelle sue gesta, quale è quello di cui io ho oggi dato conto per il decennio decorso!

Digitized by Google

II.

BRINDISI
DELL'ONOREVOLE QUINTINO SELLA
AL BANCHETTO DEL CLUB ALPINO.

Signori,

Allorquando la direzione della sezione di Torino mi fece l'onore di invitarmi all'alto ufficio di presiedervi ebbi a rispondere: ma come? Alla mia età in cui cresce il peso del corpo, diminuiscono le forze e se ne rallenta la ripristinazione, volete che io mi ponga alla testa degli alpinisti italiani? Mandatemi in coda e passino avanti i gagliardi. Ma forse voi cercate un moderatore della vivacità dei giovani colleghi; questo cómpito ormai si addice ai miei anni; commisi l'imprudenza di accettare.

Imprudenza grave, o signori, giacchè ora che mi tocca rivolgervi la parola, anzichè moderare, io mi sento irresistibilmente trascinato ad eccitare la nostra gioventù alle più ardite imprese.

Ma perchè non abbiate a perdermi ogni credito in fatto di prudenza, mi sia lecito dirvi che ho prima fatto la esperienza sovra qualcuno che mi è molto caro, sui miei figli. Due anni fa portai due di essi sui colli e sui ghiac-

Digitized by Google

ciai del Monte Rosa. L'anno scorso li condussi sul Breithorn (4150 metri) e sul Lysjoch (4300, se non è errata l'altimetria). Il più giovine, aveva 13 anni. La stagione era inoltrata, il tempo piuttosto cattivo, le crepature dei ghiacciai siffattamente scoperte e grandi da rendere completa l'esperienza alpina.

L'esperienza fu soddifacentissima.

Anche ragazzi di simile età in buona salute reggono alla fatica dello ascendere, malgrado la rarefazione dell'aria. Si avvezzano subito alla vista del vuoto, ai pericoli, ed è sorprendente come al coraggio ed al sangue freddo si associ ben presto una prudenza abbastanza costante.

Allo svoltare di una lunga gradinata che si dovette aprire nel ripido ed in quel momento indurito ghiacciaio che scendeva dal Breithorn, scivola il più giovane dei ragazzi a monte di poco incoraggianti crepature. In uno dei ponticelli di neve che attraversavano le formidabili crepature del ghiaccio confluente dal Lyskamm e dal Hoechste Spitze, sprofonda colla neve lo stesso ragazzo. In ambo i casi il monello non perde il sangue freddo, e ne dà prova seria non abbandonando il bastone alpino nel momento della caduta, e mentre lo si rimette in piedi coll'aiuto della corda che tutti ci unisce.

Ma un'altra osservazione ben più importante io ebbi occasione di fare. Fu notato da molti come in tenera età il sentimento della bellezza della natura sia poco sviluppato. Or bene un ragazzo che rimarrà freddo davanti al meraviglioso panorama del golfo di Napoli, si entusiasma davanti al Cervino ed ai ghiacciai, ne *sente* la bellezza e grandezza, si eccita al pensiero di superarli. Non vi ha partita la più dilettosa che non abbandoni per una gita alpina, quando ne potè una volta gustare il diletto.

Digitized by Google

Dico quindi alla gioventù: correte alle Alpi, alle montagne, o giovani animosi, chè vi troverete forza, bellezza, sapere e virtù.

Il corpo vi si fa robusto, si trova diletto nelle fatiche, vi si avvezza (ed è importante scuola) alle privazioni ed alle sofferenze. Tutto ciò è tanto più importante oggi, imperocchè si direbbe che ai maggiori sforzi intellettuali che per lo sviluppo della civiltà l'uomo debba fare, sia da cercare il riposo in un corrispondente incremento di fisica attività.

Nelle montagne troverete il coraggio per sfidare i pericoli, ma vi imparerete pure la prudenza e la previdenza onde superarli con incolumità. Uomini impavidi vi farete, locchè non vuol dire imprudenti ed imprevidenti. Ha gran valore un uomo che sa esporre la propria vita, e pure esponendola sa circondarsi di tutte le ragionevoli cautele.

Stupenda scuola di costanza sono poi le Alpi. I momentanei slanci non vi bastano per riuscire. Vuolsi saper durare, perdurare e soffrire. Si direbbe che tornava da una gita alpina il poeta che dettava:

« Qui studet optatam cursu contingere metam
Multa tulit fecitque puer, sudavit et alsit. »

Anche la vostra lealtà ed onorabilità troverà incremento nelle Alpi. La fida e nobile solidarietà che fa sicuri e conduce a salvezza gli alpinisti legati alla stessa corda nei passi pericolosi non è senza effetto sul carattere. Si apprezza praticamente quanto grande sia il valore, e quanto grandi siano gli effetti di una generosa fedeltà.

Credete a me, giovani colleghi. Nelle circostanze difficili

Digitized by Google

della nostra vita, vi parrà di essere ad una difficile salita. Un istante di viltà, di imprevidenza perde tutto. Il coraggio, la previdenza, la costanza, la lealtà può farvi vincere ogni cosa. Vi accorgerete allora del grande valor morale educativo dell'alpinismo.

Ma non ho finito. Quale è l'effetto del bello e del grande che tanto abbonda nelle nostre montagne?

Mi ricordo di aver veduto qualche quarto di secolo fa un disegno di un predecessore del nostro collega Teja. Un ballerino stava congedandosi dalla ballerina e questa gentilmente: Monsieur, est-ce que vous vous êtes amusé? Ed il fiero isolano: Mademoiselle, je ne danse pas pour m'amuser, mais pour perspirer.

Li abbiamo tutti veduti questi alpinisti, che pur di correre nulla vedono, nulla guardano, soddisfattissimi la sera se hanno percorso un numero di chilometri spropositato, salito e disceso le migliaia di metri che quasi eccedano la potenza dinamica dell' uomo, felici se poi per giunta una mezza dozzina di volte si fu ad un pelo di rompersi il collo.

Dichiaro che ho il più profondo rispetto per gli uomini di tal tempra da durare, per esempio, una settimana simili imprese. La forza va rispettata. E quando incontro questi uomini a grandi passi con occhi come vaghi a guisa di chi non ha tempo di vedere, penso agli uomini fatali, ai popoli fatali che nulla arresta.

Ma negli italiani di regola predomina il sentimento. Si guarda, si riflette, e forse più di quel che convenga si fantastica.

Ora vi ha nelle Alpi tanta profusione di stupendi e grandiosi spettacoli che anche i meno sensibili ne sono profondamente impressionati.

Digitized by Google

Il forte sentimento ben presto agisce sull' intelletto; sorge la curiosità, il desiderio di sapere le cose e le cause delle cose e dei fenomeni che vi si vedono. Non si cercherà la ragione di ciò che si vede ogni giorno, l' abitudine crea l'indifferenza; ma gli spettacoli, i fenomeni straordinari, cioè, che ordinariamente non si veggono, destano la curiosità e l' intelligenza umana. E così le montagne producono l' effetto dei lontani viaggi. Quante nozioni si imprimono fortemente nella mente, quanto desiderio di sapere, quanti propositi, anzi bisogni di studiare, di indagare non si riportano dalle escursioni alpine! Quanti pensieri novelli si affollano alle vostre menti comunque siate naturalisti, artisti, filosofi, letterati, ed in genere uomini colti! Perfino concetti di tornaconto vi verranno in animo; ma non voglio ora entrare in quest'ordine di idee.

Nè basta. Il sentimento del bello e del grande, dopo avere agito sull'intelletto, per quella misteriosa armonia che è tra le facoltà umane, opera sul morale.

Fate l'esame di coscienza, alpinisti provetti. Non vi accadde mai che un pensiero men nobile venisse ad offuscarvi l' animo sopra una vetta alpina. Non si hanno ivi che generose aspirazioni verso il buono, la virtú, la grandezza. Io non so se un quadro di grande artista, lo scritto di un sapiente, il discorso di eloquente oratore, la sinfonia di un grande maestro possa produrre nell'animo umano impressioni così profonde e così elevate quanto lo spettacolo della natura sulle vette alpine. Si direbbe che il fatidico *excelsior* ci sia di guida nelle escursioni così nel campo intellettuale e morale come nel fisico.

Se io non vo errato, o signori, l' alpinismo come combatte nell' ordine fisico le conseguenze della vita troppo

Digitized by Google

sedentaria cui ci astringe la odierna civiltà, così ci difende nell'ordine intellettuale e morale dai perniciosi effetti del soverchio culto degli interessi materiali, che pur hanno oggi importanza grandissima.

Fra le tribolazioni della vita vi sono talvolta momenti di sconforto, di sfiducia. Fate una buona salita alpina. Giunti su quelle vette esclamerete col poeta:

« Quali fioretti del notturno gelo
Chinati e chiusi, poichè il sol gli imbianca,
Si drizzan tutti aperti in loro stelo,
Tal mi fec'io di mia virtude stanca... »

Correte adunque alle Alpi, animosi giovani, chè esse hanno grande valore educativo sotto ogni punto di vista.

Io mi alzai per propinare alla gioventù italiana, che desidero forte, bella, intelligente, virtuosa, e che debbe somministrare alla patria robusti, sapienti, leali, valorosi cittadini.

Sebbene io stia ormai bussando alle porte della vecchiaia, mi sento trascinato verso di voi, o giovani animosi, non solo senza invidia dei vostri futuri trionfi alpini e scientifici, ma con pienezza di simpatia e di affetto. Voi accoglierete quindi il mio brindisi cogli stessi sentimenti di cui è dettato.

Ma prima di alzare il bicchiere uopo è che io non dimentichi come vi darei cattivo esempio e peccherei di ingrata ingenerosità, se vi anteponessi a coloro cui principalmente dobbiamo di essere qui.

Le sezioni del Club alpino che voi rappresentate vanno dal Vesuvio al Rosa, dal Viso alla Carnia. Non scordiamo

Digitized by Google

quegli cui è principalmente dovuta l'unità italiana, il Re, che è la bandiera, il simbolo vivente della patria nostra.

Non scordiamo che il Club alpino fu, dalla città e dalla provincia ove siamo, incoraggiato ed aiutato moralmente e materialmente, e che dai loro reggitori ci vennero le più gentili prove di simpatia e di affetto. Non dimentichiamo mai, signori alpinisti, i servigi immensi che possono rendere alla causa alpina i consigli comunali e provinciali.

Fatemi adunque ragione a pieni bicchieri.

Al Re Vittorio Emanuele!

Alla provincia ed alla città di Torino!

E finalmente concedetemi un evviva di cuore: alla gioventù italiana!

Digitized by Google

III.

UNA SALITA AL MONVISO

Lettera di Quintino Sella a B. Gastaldi, Segretario della scuola per gli ingegneri.

Torino, 15 agosto 1863.

Carissimo amico,

Siamo riusciti; ed una comitiva d'italiani è finalmente salita sul Monviso! Io fui qualche momento in dubbio se te ne dovessi scrivere. È una vera crudeltà il venire a te, cui il dovere tenne incatenato sotto quest'afa canicolare in mezzo a carte aride, e fastidiose come il polverio che infesta le strade, e parlarti delle impareggiabili soddisfazioni da noi godute appiè delle nevi, tra quel che gli orrori alpini hanno di più sublime e tremendo. Ma non vorrei che mi tacciassi di mancator di parola, ed eccoti un breve cenno della nostra gita.

Ei voleva essere un diluvio di gente, ma poi allo stringere del sacco ci trovammo solo in quattro, il conte di S. Robert, suo fratello Giacinto, il deputato Baracco ed io. Parecchi strumenti che si erano ordinati non furono neppure all'ordine, sicchè i progetti di una serie di osserva-

Digitized by Google

zioni fatte contemporaneamente in stazioni diverse andarono tutti in fumo. Ci limitammo quindi a trovar modo di giungere alla vetta del Monviso.

Il Monviso! Questa meravigliosa montagna che forma la parte la più originale, più graziosa e più ardita dell'impareggiabile cornice che corona il panorama dell'Italia settentrionale: il padre del maggior fiume d'Italia: la sola cima alpina e importante, di cui pare che i Romani ci mandassero memoria, il *pinifer Vesulus* (1)! Ma qual è l'italiano non affatto insensibile alle bellezze della natura, il quale non desideri soggiogare questa splendida montagna, la cui vetta è per intiero nostra?

Ma vedi forza del pregiudizio: il Monviso era da tutti i *touristes*, da tutti gli arditi alpigiani che ne vivono ai piedi, dichiarato affatto inaccessibile. Ed è singolare che per tanti secoli non se ne tentasse neppure la salita, mentre vennero montate parecchie cime meno rimarchevoli, e che io giudico assai più difficili. Non v'ha cacciatore alpino, o dilettante di cosifatte escursioni, il quale non siasi parecchie volte trovato a pericoli assai più grandi di quelli che occorre affrontare per vincere questa meravigliosa cima. Era riserbata alla costanza ed all'ardire di un inglese la gloria di salirla per primo.

Il signor William Mathews tentava l'ascensione del Monviso nel 1860 in compagnia dei signori Bonney e Hawkshaw e della guida Michele Croz di Chamounix.

[1] Ac velut ille canum morsu de montibus altis
Actum aper, multos Vesulus quem pinifer annos
Defendit....

AENEID. X, 707.

Digitized by Google

Egli venne per la valle del Guil (territorio francese), ma il tempo era così poco propizio che si decise a scendere per quella del Pellice a Pinerolo senza essere riescito nel suo intento.

Una miglior sorte coronava la sua costanza nel 1861; ed infatti, rimontata la valle della Varaita fino a Casteldelfino, e indi salendo pel fianco sinistro della valle di Chianale e di Vallante, giungeva sopra una delle tre costole principali che scendono dal Monviso, cioè sopra quella che è diretta al sud-ovest. Una di quelle enormi spaccature a picco, che tanto caratterizzano il Monviso, gli impedì di giungere per questa via alla sospirata vetta, da cui non era più separato che da un'altezza di 430 metri. Ivi pernottava il Mathews, e non scoraggiato per nulla scendeva il giorno dopo nella parte superiore del vallone delle Forciolline, e salendo poscia nell'intervallo compreso fra la costola sud-ovest e la costola sud-est del Monviso, assai più vicino a questa che non a quella, potè finalmente porre piede sulla cima il 30 agosto 1861. Erano con lui il signor Jacomb, e due guide di Chamounix, Michele e Giovanni Battista Croz.

Il 4 luglio 1862 si saliva una seconda volta al Monviso. Ed era il signor Tuckett in compagnia delle guide Michele Croz di Chamounix, Pietro Perrn di Zermatt, e di un tal Bartolommeo Peyrotte di Bobbio di val Pellice. Il Tuckett passò anzi la notte a pochi metri al di sotto della cima del Monviso sull'orlo d'un precipizio orrendo.

Non è a dire quanto codesti ripetuti successi spronassero i *touristes* italiani a non indugiare ulteriormente dall'ascender questo monte: il quale dopo la cessione della Savoia, con cui tanta parte del Monbianco passò alla

Digitized by Google

Francia, è forse, ed anzi senza forse, la più bella sommità alpina che sia rimasta per intiero all'Italia [1].

Nelle appendici dell'*Opinione* avrai letto il principio di una briosissima descrizione della settimana spesa attorno al Monviso da alcuni animosi giovani. Ed appena giunto in Torino mi recai stamane dal signor Vialardi che ne faceva parte, e vi ammirai parecchie interessantissime fotografie, le quali, senza che occorra sforzo d'immaginazione, tutto vi trasportano col pensiero in mezzo a quelle erte e curiosissime balze. Una ostinata e gelida nebbia fu di ostacolo a questi coraggiosi giovani perchè la cima non potesse esser vinta.

Nella settimana scorsa un'altra comitiva, della quale faceva parte qualche nostro conoscente, e che si componeva nel resto di abitanti di Verzuolo, fra cui una gentilissima signora oriunda di Torino, tentava pure la salita del Monviso con molta probabilità di buon esito. Infatti si era cercato a guida nientemeno che il Peyrotte, il quale già vi era stato l'anno scorso insieme al Tuckett. Questa comitiva pervenne fino alla parte superiore del vallone delle Forciolline, ove pernottava allo scoperto sulle sponde di uno dei laghi, che gli antichi ghiacciai vi hanno formato. Si andò il giorno dopo alquanto innanzi; ma al Peyrotte venne talmente meno ogni forza di animo, che dopo molte difficoltà e tentennamenti finì per rifiutarsi affatto a condurre la comitiva sulla vetta suprema. Io non mi meraviglio troppo del poco entusiasmo del primo italiano che fu sul Monviso, perchè dalle frasi della relazione del

[1] La cima del Monviso è al di qua della linea di separazione delle acque, e dista di circa due chilometri dal confine francese.

Digitized by Google

Tuckett che lo riguardano, arguisco come già allora molto rimpiangesse di essersi posto in cosifatta impresa, tanto che il Tuckett l'ebbe a motteggiare non poco. Ma tornando alla comitiva, essa non poteva non perder animo per l'avvilimento del Peyrotte, e quindi rinunciò all'impresa.

Non ti debbo nascondere che anche noi avevamo specialmente contato sul Peyrotte per sapere la strada fatta dagli inglesi, e non mi fu per nulla confortante il trovare nel mio giungere in Torino alla sera dell'8 un telegramma del conte di S. Robert, il quale annunciava doversi rinunciare al Peyrotte, e chiedeva se non fosse il caso di far venire qualcuna delle guide di Chamounix o di Zermatt, che avevano salito il Monviso cogli inglesi. Ma io so che in questo genere d'imprese l'indugiare è spesso sinonimo di far nulla, ed era del resto convinto, che se gl'inglesi erano pervenuti alla cima, tanto più facilmente ci dovevamo giungere noi, che avevamo la scorta delle loro relazioni. Mi recai quindi a pregare il Baracco onde venisse a rappresentare l'estrema Calabria, di cui è oriundo e deputato, su questa estrema vetta delle Alpi Cozie. Il Baracco, il quale fu già presso alla vetta del Monbianco, e che, per quel che io sappia, fu il primo italiano a salire sulla *höchste Spitze* del Monrosa, non fu tardo a persuadersi, e la sera del 9 agosto partimmo per Saluzzo onde visitare il conte di S. Robert a Verzuolo, e proporgli di tentare in tutti i modi la salita del Monviso, in compagnia di qualche ardito montanaro.

Il conte di S. Robert, al quale tu sai quanto stia a cuore il Monviso, che fece tradurre e stampare nella *Gazzetta di Torino* la relazione di Tuckett sulla salita, che aveva

Digitized by Google

infiammato di entusiasmo noi e tanti altri, egli che fu insomma il vero iniziatore della impresa, non se lo fece dire due volte, e, dato mano alle tende, viveri, strumenti, e a non so quanti altri arnesi che egli aveva allestiti, in guisa, che non solo non ci mancasse nella nostra gita il necessario, ma neppure ci facesse difetto il superfluo, si pose senz'altro in carrozza con noi, e ci avviammo per la valle della Varaita. Ivi fummo più tardi raggiunti dal cav. Giacinto di S. Robert, il quale, malgrado che avesse fatto parte della comitiva così male guidata dal Peyrotte, si volle tuttavia a noi associare, quando seppe che eravamo decisi di tentare quanto per noi si potesse onde giungere alla vetta del Monviso.

Ma ora egli è necessario che ti ponga al corrente delle disposizioni da noi prese onde potere dalla nostra gita trarre almeno qualche conclusione, di che si potesse avvantaggiare la ipsometria alpina. Avevamo a nostra disposizione tre barometri secondo il sistema di Fortin, costrutti da Fastré di Parigi, ed appartenenti l'uno al conte di S. Robert, l'altro a te, ed il terzo a me. Avevamo inoltre un barometro aneroide recentemente costrutto dal Casella a Londra, e poi gli occorrenti termometri, ecc. I barometri erano stati paragonati col barometro della specola di Torino, e furono ancora paragonati tra di loro e riferiti al tuo, il quale avendo un tubo di diametro maggiore ci dava certezza di minori errori di capillarità.

Da questi paragoni si concluse che, onde riferire le nostre altezze barometriche a quelle dell'Accademia delle scienze di Torino, voglionsi aggiungere alle letture fatte sui barometri Gastaldi, S. Robert e Sella, millimetri 1,0; 0,1 e 0,4.

Digitized by Google

Un altro inconveniente era a superarsi, quello di riferire direttamente le nostre osservazioni a quelle dell'Accademia delle scienze di Torino, la cui specola è a distanza ragguardevole dai siti che noi volevamo esplorare, e dove, sinchè non siano attuati alcuni provvedimenti di recente ordinati dall'Accademia appunto coll' intento di coadiuvare le determinazioni barometriche fatte nelle montagne, non si hanno che tre osservazioni al giorno. Dalle quali due cause conseguono divarii abbastanza considerevoli, come dimostrano le determinazioni dell'altezza del Monviso fatte dal Mathews. Infatti quella che derivò dal paragone colle osservazioni fatte a Ginevra fu di 3909 metri, e quella derivata dal paragone colle osservazioni del Gran San Bernardo fu di 3844 metri, cioè 65 metri meno.

Ed è perciò che creammo una stazione barometrica intermedia in Verzuolo lasciando ivi il barometro S. Robert, ed incaricando di osservarlo ogni due ore un diligente studente di matematica, il signor Melchiorre Pulciano.

Si era anzitutto determinata l'altezza di questa stazione mediante la seguente serie di osservazioni fatte nelle ore in cui si osserva la specola di Torino. Ammettendo quindi che l'altezza del barometro di Torino sia di metri 285 al dissopra del livello del mare, e che l'errore del barometro che si osservava (era il barometro Gastaldi) fosse quello che sopra si indicò, si trovano colle tavole dell'*Annuaire du bureau des longitudes* le seguenti altezze:

Digitized by Google

Luogo	Giorno	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza di Verzuolo sul mare
Torino	1 agosto	3 pom.	741m,00	29°,5	28°,0	425m
Verzuolo	id.	id.	727,7	24,5	25,75	
Torino	2 agosto	9 ant.	741,10	25,5	24,4	422
Verzuolo	id.	id.	728,4	24,25	21,0	
Torino	6 agosto	9 ant.	743,34	27,8	25,4	426
Verzuolo	id.	id.	730,2	25,5	24,75	
Torino	id.	12	742,88	30,5	30	426
Verzuolo	id.	id.	729,6	26,0	27	
Torino	id.	3 pom.	742,60	34,5	31,8	427
Verzuolo	id.	id.	729,0	26,0	28	
Torino	7 agosto	12	744,30	34,0	33,8	426
Verzuolo	id.	id.	730,9	27,0	26,5	
Torino	id.	3 pom.	743,66	36,4	34	429
Verzuolo	id.	id.	730,5	27,0	26,25	

Si ha quindi in media per Verzuolo (casa Pulciano, secondo piano) un'altezza media sul livello del mare di 425m. Lo stato maggiore *(Le Alpi che cingono l'Italia, ecc.*, pag. 784) assegna a Verzuolo l'altezza di 432 metri determinata col barometro, ma io non credo di dover modificare il numero da noi ottenuto, perchè questo si riferisce ad una stazione di posizione certa, ed è la media di parecchie osservazioni fatte in giorni diversi.

In quanto al barometro aneroide, egli è chiaro che se le sue indicazioni fossero sicure, si potrebbe dire uno strumento veramente preziosissimo, come quello che si

Digitized by Google

può trasportare senza i pericoli e le noie molte, che trae seco il barometro a mercurio nelle montagne alquanto difficili. Il barometro aneroide, che noi avevamo, non era gran fatto più grosso di un oriuolo da tasca!

Nel 1856 io aveva esperimentato nelle valli di Cogne un aneroide di Lerebours: tornai a Torino coll'indice spostato di quasi due centimetri. L'aneroide Casella che noi avevamo si comportò molto meglio, ed ecco le differenze fra le indicazioni del medesimo e le indicazioni del barometro a mercurio ridotte alla temperatura 0°, che osservammo nella nostra gita ad altezze diversissime: 6mm, 83; 11mm, 86; 9mm, 38; 6mm, 54; 1mm, 86; 4mm, 91.

Queste differenze sono abbastanza saltuarie perchè se ne debba conchiudere, non potersi far uso del nostro aneroide per determinazioni esatte. Però, ove si abbia contemporaneamente il barometro a mercurio e l'aneroide, si può far uso di questo per determinazioni approssimative fra due successive stazioni del barometro a mercurio. Ed in questo modo noi traemmo anche partito dell'aneroide Casella.

La strada da Saluzzo a Verzuolo e Piasco lambisce le ultime falde delle Alpi, che vanno ivi a seppellirsi sotto le alluvioni. Esse constano di scisti diversi più o meno calcariferi, sopra i quali sono aperte molte cave, i cui prodotti trovansi troppo bene rappresentati nella raccolta mineralogica della scuola di applicazione, perchè io abbia a discorrertene qui.

Nel risalire la valle, questi scisti sono in due luoghi interrotti dal serpentino, come si trova indicato nella carta geologica del Sismonda, ed in qualche luogo passano al gneiss ed al micascisto.

Digitized by Google

È degno di nota il tratto di questi scisti, compreso tra Frassine e Roure, poichè ivi il calcare è diventato perfettamente saccaroide, e siccome esso è per giunta bianco, così si ha un marmo non ispregevole. Non ebbi però occasione di vederlo altrimenti adoperato, che come pietra di calce. Sono curiose alcune diramazioni di questo calcare bianco entro allo scisto bigio scuro che l'attornia, le quali ricordano, per la forma, le celebri ramificazioni del granito dell'isola dell' Elba entro agli scisti che gli stanno dappresso.

La formazione scistosa della valle di Varaita è ancora interrotta da una testata di granito, che è pure indicata dal Sismonda. Il granito è in via di decomposizione, come scorgerai dall'esemplare che t'invio, e che raccolsi da una cava adiacente ad un ponte in costruzione.

Ho preso nota di alcune direzioni ed inclinazioni di strati; ma non ti aspetterai certo che te ne discorra, e tanto meno che ne tragga delle conclusioni generali. Da lunga pezza tu sai quale opinione io abbia sul valore delle conclusioni tratte da poche osservazioni fatte nelle Alpi sulle direzioni dei tormentatissimi strati che le compongono.

Lascierò a te, che non dubito studierai minutamente i dintorni del Monviso, lo indagare accuratamente l' andamento interessantissimo della stratificazione di queste montagne, giacchè in questa gita io non fui che *touriste*, a null'altro intento, che a raggiungere la vetta del Monviso.

Solo mi permetterò di notare, che per buona parte della valle della Varaita gli strati sembrano avere una direzione quasi parallela a quella dell'asse della valle, ed un'inclinazione verso il sud. Indi nasce, che spesso, mentre la pendice settentrionale va dolcemente alla cima senza in-

Digitized by Google

terruzioni, la pendice meridionale termina invece con testate di strati rotti a picco.

Le alluvioni che sono in fondo della valle presentano qualche volta altipiani che vennero profondamente tagliati dal torrente, e raccomando alle tue diligenti osservazioni certe roccie rotondate a mezza valle, che ci ricordavano le roccie montone e le traccie degli antichi ghiacciai.

In fatto di botanica ti dirà il conte S. Robert, che è botanico di molta vaglia, e che ha per giunta attentamente e lungamente erborizzato attorno al Monviso, quanto ci sia di particolare in queste vallate. Come estraneo a questa scienza, soltanto ti dirò come la valle della Varaita sia una delle valli alpine che il viaggiatore percorre con maggior piacere. Infatti se il fondo venne recentemente depauperato dei noci colossali di cui andava altero, esso è tuttavia quasi ovunque verdeggiante di prati perennemente irrigati dalle acque della Varaita e dei torrenti laterali. La costa settentrionale è meno doviziosa di vegetazione, perchè i cereali vi sono coltivati fino a grande altezza; ma il fianco meridionale è ricco di bellissime foreste di larici, le quali danno alla valle un aspetto verdeggiante, fatto a bella posta per riposare l'occhio stanco dall'aridità, che oggi travaglia l'Italia settentrionale.

Fra le particolarità, che per la loro frequenza e la loro mole attiravano la mia attenzione, citerò il *Dypsacus fullonum* e l'*Onopordon acanthium*, di che nei dintorni di Sampeyre era la strada fiancheggiata, come pure la *Petasites vulgaris*, le cui foglie giungono in larghezza fino a mezzo metro, e sono ivi adoperate per avvolgere il butirro.

Oltre Sampeyre i larici, che si erano fin là tenuti sulle pendici, scendono sino al fondo della valle, e vi abbondano

Digitized by Google

i salici in guisa da dare a questa un carattere speciale. È notevole il *Salix viminalis* per la sua frequenza, ed il *Salix alba* per l'altezza a cui giunge.

La vegetazione è meno rigogliosa sui serpentini, ed in pochi luoghi si può osservare così bene la influenza della natura del suolo sulla vegetazione, come tra Villaretto e Torrette, ove sopra i scisti serpentinosi ed eufotidei del fianco settentrionale essa è di una povertà che fa singolare contrasto collo splendido verde del fondo della valle e del fianco meridionale.

In generale gli abitanti sono alti della persona, e si traggono di qui non pochi soldati di cavalleria, ed anzi si osserva nei Santi dipinti qua e là sulle pareti (Dio perdoni gli autori degli orribili scarabocchi!) che sono in maggior numero ed in più gran favore i Santi a cavallo con tanto di lancia, di sciabola e di speroni.

Sono rare le deformità, e, sia per quel poco che c'ebbi a fare io, come per le relazioni di altri viaggiatori, debbo inferirne, che questi valligiani sono e cortesi e discreti. Pur troppo non è così in tutte le valli alpine. Ricorderai certe gite pedestri da noi fatte in luoghi ove tutto il creato era all'apice del bello e del sublime; il solo *Bipes implumis* orribile per la deformità, la sconcezza e la villania.

Oltre Piasco non vidi traccia di alcuna particolare industria alquanto estesa. Quanta forza motrice nelle cascate della Varaita, che scorrono inutilmente! Quante miniere di lavoro, assai più perenni delle miniere di carbon fossile, intieramente neglette!

Eravamo partiti alle cinque da Saluzzo, e, malgrado un'ora di sosta a Verzuolo, giunsimo alle 9 1[2 a Sampeyre, ove ci fermammo oltre un'ora e mezza per lo asciolvere e per lasciare riposare i cavalli.

Digitized by Google

Profittammo di questo intervallo per una prima prova dei barometri, facendo stazione nel pianterreno all'albergo della Croce Bianca.

Alle osservazioni fatte a Sampeyre col tuo e mio barometro, contrapporrò quelle fatte contemporaneamente a Verzuolo dal signor Pulciano:

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	9 $^1/_2$ ant.	733,2	28,25	26	
Sella	Id.	688,2	24,3	24	547
S. Robert	10 ant.	733,2	28,25	26	
Gastaldi	Id.	686,8	24	23	556
S. Robert	11 ant.	732,8	28	26,4	
Gastaldi	Id.	686,4	23,3	23,3	557
ella	Id.	687,4	22,9	23,1	551

Si ha quindi per Sampeyre un'altezza media al dissopra di Verzuolo di 553 metri, cui, aggiungendo quella di Verzuolo sul mare, si trova per Sampeyre un'altezza sul mare di 977 metri. Lo stato maggiore (*Le Alpi che cingono l'Italia ecc.*, pag. 772) assegna a Sampeyre un'altezza di 979 metri, determinata anche col barometro.

La vettura ci condusse quindi per una strada in via di compimento sino a Torrette, onde dopo mezz'ora di passeggiata a piedi si giunse a Casteldelfino ad un'ora pomeridiana.

Ivi trovammo l'ospitalità la più cortese, la più sollecita, e ad un tempo la più libera presso il vicario di Castel-

Digitized by Google

delfino, il signor don C. Galliano. Questo degnissimo sacerdote, che è ad un tempo ardito ed esperto montanaro, non solo ebbe le più minute cure di noi durante il nostro soggiorno a Casteldelfino, ma ci procacciò quanto occorreva per la salita del Monviso, cercando i più robusti alpigiani a guide ed a portatori degli innumerevoli arnesi di che la Provvidenza, sotto le spoglie del conte di S. Robert, ci volle muniti.

Spendemmo il rimanente della giornata a Casteldelfino nel lasciar passare un temporale di poca importanza, nel visitare i dintorni che sono stupendi, e nell'ordinare l'occorrente pel giorno seguente.

Casteldelfino sta a cavaliere di un triangolo, in cui il torrente di Chianale confluisce colla Varaita. Il verde di questo triangolo doviziosissimamente irrigato dalle acque dei due torrenti e dalle numerose fontane che sgorgano dalle alluvioni su cui è fabbricato il villaggio; i boschi di larice, che tutto ammantano il monte Peyrone che sta dirimpetto a Casteldelfino; il giallo dorato dei campi di cereali, che coprono fino ad una certa altezza la pendice settentrionale della valle; la limpidezza ed il mormorio delle acque; le erte balze del Pelvo e di altre punte che torreggiano in alto, le sinuosità della valle di Varaita, ed al fondo nuove balze e nuovi dirupi; la freschezza e vivacità dell'aria; quel non so che di alpestre, che, una volta gustato, non si ricorda più senza nostalgia, tutto ciò fa di Casteldelfino un de' più bei siti per passarvi la estate.

Quando sia compiuta la strada carrozzabile della valle di Varaita fino al confine francese, ove la Francia ha già quasi per intiero condotta la sua strada, un transito di

Digitized by Google

qualche importanza si stabilirà per questa valle. Inoltre Casteldelfino diventerà il punto di partenza di coloro che vorranno salire il Monviso, e siccome, oltre agli stranieri, molti nostri concittadini vorranno certo procurarsi il maschio piacere di ascendere questa classica montagna, così egli è chiaro che Casteldelfino sarà tra non molti anni uno dei posti delle Alpi abbastanza frequentato.

A conseguire questo scopo occorre: che il ministro dei Lavori pubblici applichi un bricciolo dei sussidii stradali al compimento della strada di valle Varaita; che qualcuno stabilisca a Casteldelfino una locanda decente e discreta; finalmente che il Comune faccia costrurre nella parte alta del vallone delle Forciolline una casipola di rifugio, ove possa pernottare chi va al Monviso. Sarebbe infatti necessario l'avere lì un *quid*, come la così detta Casa d'Asti per chi sale il Rocciamelone, ove ricorderai che pernotammo senza la noia di trascicare tende, o di dormire a cielo scoperto.

Dirimpetto a Casteldelfino e sulla strada del Chianale v'ha un castello diroccato che venne distrutto nel principio dello scorso secolo, allorquando queste valli passarono dal dominio della Francia a quello di Casa Savoia. La vista di cui si gode da queste rovine era per noi interessantissima. Si vedeva benissimo la vetta del Monviso e la costola che ne scende verso il sud-ovest.

Nella casa del parroco, ed al piano che è terreno rispetto alla strada, sfoderammo i barometri, ed ecco i risultati delle nostre osservazioni:

Digitized by Google

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	1 3/4 pom.	732,15	27,75	26,8	
Sella	Id.	661,5	16,5	15,5	860
S. Robert	3 1/4 pom.	732,0	27,5	26,3	
Sella	Id.	662,4	17,5	17,6	851
S. Robert	6 pom.	731,5	27,25	24,1	
Gastaldi	Id.	660,5	19	18,5	861
Sella	Id.	660,8	19,7	19	867
S. Robert	5 1/2 ant.	730,3	26,25	20,6	
Sella	dell'11 ag.	658,9	13,4	12,9	856

Si ha quindi in media per Casteldelfino una altezza al dissopra di Verzuolo di 859 metri, e al dissopra del livello del mare di 1233 metri. Lo Stato Maggiore *(Le Alpi che cingono l'Italia)* assegna a Casteldelfino un'altezza di 1323 metri, determinata anche col barometro. Non so però a qual parte di Casteldelfino si riferisca questa determinazione.

Al mattino del giorno seguente (11 agosto) movemmo finalmente da Casteldelfino ad un'ora in verità poco decente per viaggiatori di montagna. Erano già le sei scoccate! Ma giudica dei nostri impedimenti. La massa enorme di arnesi che trascinammo con noi non richiese meno di sette robusti portatori, oltre alle tre guide che certo non salirono a mani vuote. Erano tre codeste guide, o meglio accompagnatori, poichè niuno di loro era stato mai sul Monviso, ma ciò non ostante essi mostrarono tanto valore

Digitized by Google

e possono oggi essere di tal sussidio a chi voglia tentare la salita del Monviso, che te ne debbo fare i nomi. E sono Gertoux Raimondo, di Casteldelfino, borgata del Puy, già soldato, ed oggi, a volta a volta, fortissimo cacciatore di camosci; Bodoino Giuseppe, anche di Casteldelfino, e parimenti antico soldato, ed Abbà Gio. Battista, contadino di S. Robert a Verzuolo.

Prendemmo ad ascendere lentamente il potente terreno di trasporto per opera, vuoi di acqua, vuoi di ghiacciai, vuoi di frane, vuoi delle tre cause insieme riunite, sul quale è fondato Casteldelfino, e ci avviammo al villaggio di Villaretto. Questo troverai indicato sulla carta della Stato Maggiore alla scala di 1 : 50000, e da una osservazione fatta col barometro aneroide io il giudico a forse 1560 metri sul mare.

Salimmo quindi la costa che sulla carta è detta delle Ale, seguendo una via ivi indicata fino all'incrocicchio di un canaletto, che parrebbe corrispondere alla strada proveniente da Palambert, la quale è anche accennata nella carta. Ecco i risultati di una stazione barometrica ivi fatta:

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	9 1[2 ant.	730,04	27,25	23,9	
Gastaldi	Id.	603,7	20	16	1616
Sella	Id.	604,4	19,7	16,7	1616

Ciò corrisponde ad un'altezza sul mare di 2041.

Proseguimmo quindi verso il sito detto nella carta *Pian*

Digitized by Google

Meyer; nome che il Mathews attribuisce ai casolari che sono presso la confluenza del rivo di Vallante con quello delle Forciolline.

Il nome di *Meira* è del resto assai frequente in queste valli, perchè con tale denominazione si indicano quei casolari delle alte montagne, in cui si ricoverano persone e bestiami nei pochi mesi dell'estate, in cui il terreno è senza neve e gelo. Casolari che in tanta parte dei monti italiani e svizzeri han nome di *Alpi*, e che in qualche luogo si dicono anche *Muande*, perchè si passa dalle più basse alle più alte a misura che col procedere dell'estate si va liberando il terreno dai residui dell'inverno. Il conte di S. Robert ci comunicava a questo proposito una sua ingegnosa osservazione, cioè che in queste valli si adoperi anche il vocabolo *meirè* come verbo, e significhi allora tramutare, e come tanto il sostantivo *meira* (casolare alpino), quanto il verbo *meirè* derivino da analogo vocabolo ariaco, il quale significa per lo appunto mutare. Ma io non la finirei se volessi comunicarti tutte le pellegrine osservazioni del S. Robert, il quale tra lo studio della teorica delle armi da fuoco, la teoria del calore e la botanica trova modo di pensare alle analogie dei dialetti delle nostre valli col sanscrito e l'ariaco, e torno alla nostra gita.

Si giunse così presso la fontana detta dei Gorghi, la cui temperatura non era che di 5°, la cui altezza al dissopra del mare risulterebbe di 2374 metri, come dall'osservazione seguente:

PROP. DI S. SCOLASTICA

Digitized by Google

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	12 30	729,7	27,5	26,2	
Gastaldi	Id.	581,5	19,5	18	1949

Ivi ci fermammo per la colezione, giacchè sito più conveniente per noi non si poteva immaginare.

Da gran pezza dalle masse di trasporto si era passato alla roccia in posto, che constava di scisti di variissima natura, ora cloritici, ora talcosi, ora serpentinosi Qui si era sopra una roccia montana, ben rotondata, e con strie. Non è a dire se al cospetto di questa bella traccia degli antichi ghiacciai, confermata da un ciottolo striato che io aveva poco innanzi trovato, non si ricordasse il nome di te, che avesti la invidiabile ventura di dimostrare pel primo la estensione degli antichi ghiacciai in Italia; di te che fosti primo a chiarire come quelle singolari colline (composte indifferentemente di arena finissima e di masse enormi), che chiudono gli sbocchi delle più grandi valli alpine, altro non siano che stupende morene lasciate da ghiacciai, i quali dalla vetta delle Alpi si estendevano fino a toccare la pianura del Po.

Noi eravamo inoltre al limite degli alberi di alto fusto, e qui non è inutile il rammentare come partendo da Casteldelfino noi ci trovassimo per un tratto notevole in mezzo a campi di cereali di ogni specie, cui sono spesso di siepe gruppi d'uva spina, ma che più in su, dopo oltrepassati pochi aceri e sorbi, noi ci trovassimo in mezzo

Digitized by Google

ai larici, i quali nella pendice meridionale della Varaita scendono al torrente fino a Sampeyre. Quindi ad un certo punto, che dopo una osservazione fatta col barometro aneroide io giudico prossimamente ad un' altezza di 1780 metri sul mare, cominciammo a trovare dei pini cembri veramente magnifici, il cui colore scuro si sposava benissimo col verde chiaro dei larici. Codesti pini, detti *elve* nel dialetto del paese, diventano dominanti nelle altezze superiori di queste montagne, ma sono però sino al loro ultimo confine sempre accompagnati dal larice.

V'ha però una differenza capitale fra queste due piante resinose, ed è che mentre il larice dai 2374 metri, da noi determinati alla fontana dei Gorghi, scende fino a Sampeyre, cioè a 977 metri, vale a dire si estende per un'altezza di 1400 metri, il pino cembro non scende che fino a 1780 metri, e si estende quindi soltanto per un'altezza di 600 metri.

Importantissima era finalmente per noi la scelta stazione per la vista del colosso che stavamo per affrontare.

Inoltratici poscia alquanto, giungemmo al ciglio di un ampio bacino formato dal torrente delle Forciolline, dal torrente di Vallante e dal termine della orrenda costola, che dal Monviso si dirige al sud-ovest, e che è nella carta dello Stato Maggiore denominata Rocche di Viso o Forciolline.

Ma se tu hai sinqui seguita la nostra gita sulla carta dello Stato Maggiore, è necessario che ti renda conto di uno spiacevole errore, che vorrei veder corretto senza indugio con una nuova edizione del foglio n. 57, onde evitare poco benevoli commenti che non mancheranno di fare gli stranieri, i quali accorreranno in numero sempre maggiore al Monviso.

Digitized by Google

Lascio in disparte certe inesattezze di indicazioni, delle quali io non posso fare appunto allo Stato Maggiore, perchè nelle montagne al di sopra di ogni abitazione e vegetazione, le stesse punte e gli stessi torrenti ricevono diversi nomi non solo dagli abitanti di diverse vallate, ma spesso anche dagli abitanti dei diversi casolari di uno stesso villaggio. Onde nasce che nulla è così incerto e difficile come la denominazione di questi siti inospiti. Ed anzi io vorrei, che allorquando si fa una carta in grande scala di siti così poco frequentati, non si esitasse nel battezzare *ex noco* certe cime e certi seni, imperocchè i nomi così proposti verrebbero ben presto adottati da tutti, e non si avrebbe l'inconveniente, nel quale spesso si cade, di applicare ad un sito nomi, che dalla maggioranza degli abitanti vengono invece applicati ad un altro.

Ma qui si tratta di errore più importante. Osserverai che nella carta dello Stato Maggiore al sud del Monviso si ha il vallone delle *Forciolline*, che termina col passo delle Sagnette, per cui si fa capo nella valle del Po: quindi il rivo di *Giaffon* o delle *Giargiatte:* finalmente il rivo *Eisolao* che contiene due laghetti e si termina col passo di S. Chiaffredo. Tutti e tre i torrenti che escono da queste valli sono indicati come confluenti direttamente nel torrente di Vallante.

Ora abbiamo potuto accertare nella corsa da noi fatta a bella posta il 13 agosto, che dopo il vallone delle Forciolline esiste un altro brevissimo valloncello, le cui acque s'immettono però nel torrente delle Forciolline al dissotto dei laghi. Salendo poscia un aspro contrafforte per una via che pare quella accennata nella carta dello Stato Maggiore, si perviene ad un vallone contenente due la-

Digitized by Google

ghetti, terminante col passo di S. Chiaffredo, e chiamato nel paese Vallone delle Giargiatte.

Indi è che debbesi trasportare il nome di rivo delle Giargiatte a quello che è detto Eisolao nella carta ed il rivo che è detto delle Giargiatte nella carta, invece di andare nel Vallante, come ivi è indicato, si immette dopo breve corso nel rivo delle Forciolline.

Data questa spiegazione, agevolmente intenderai come nella nostra via per giungere al ciglio della valle delle Forciolline non incontrassimo il vallone intermedio, che è figurato con tratti assai vivi nella carta dello Stato Maggiore.

Fino a questo punto noi eravamo giunti per sì facile strada che per vero, nonchè impossibile, ma neppure malagevole pareva che potesse essere la salita del Monviso, ma qui esso si presentò ad un tratto in tutto il suo orrore, e non ti nascondo che cominciammo, se non a titubare, almeno a capire come l'opinione popolare lo riputasse inaccessibile. Ma perchè meglio ci intendiamo, è necessario dare un qualche cenno sulla forma del Monviso.

Immagina posto verticalmente uno di quei pugnali triangolari con cui solevano talvolta sbudellarsi i nostri padri; supponi quindi che si giri una delle costole del medesimo infino a che venga a porsi nello stesso piano verticale contenente un'altra costola, ed avrai un'idea della forma del Monviso.

Da Torino tu sei dirimpetto alle due costole che sono sovra uno stesso piano diretto S. 30° E. e N. 30° O. Una terza costola ha direzione S. 24° O, che fa angolo di 54° colla proiezione della costola meridionale, che tu scorgi da Torino, e di 126° con quella della costola settentrionale.

Digitized by Google

Le due costole che si vedono da Torino sembrano in linea retta, ed hanno quella rapidissima inclinazione che caratterizza in modo singolare il Monviso. La costola, che si volge al sud-ovest, ha invece una forma, che all' ingrosso si direbbe quella d'un quarto di circolo: ed il suo perimetro dapprima orizzontale laddove si congiunge alla vetta centrale, ma notevolmente al dissotto della medesima, termina in un orrendo dirupo verticale nel vallone delle Forciolline.

Ma se a grande distanza i contorni di queste costole sembrano abbastanza regolari, visti in qualche prossimità si mostrano interrotti da enormi spaccature, fra cui sorgono le più ardite e le più bizzarre guglie che sia possibile immaginare.

La vetta stessa del Monviso ha forma assai diversa da quella che si giudicherebbe da Torino. Essa si compone di due cime di altezza quasi eguale, l'una ad occidente dell'altra. La punta occidentale è allungata nel senso del meridiano, e strettissima nel senso del parallelo. Dalla medesima e verso la sua metà parte una costiera che rapidamente si abbassa e poi si rialza in guisa da terminare nella punta orientale, che è per contro allungata nel senso del parallelo, e strettissima nel senso del meridiano.

Il Monviso si compone di scisti ora serpentinosi, ora cloritici, ora talcosi, i quali passano talfiata alla quarzite ed alla lavagna, e che in generale, chimicamente parlando, non si alterano molto all' azione della intemperie atmosferica. Ma questi scisti hanno ad un grado altissimo la proprietà di sfaldarsi grossamente in due o più sensi traversalmente o perpendicolarmente alla stratificazione e di dividersi con facilità in massi di volume ragguar-

Digitized by Google

devole. Questa fissilità veramente straordinaria e la poca alterabilità chimica degli strati sono tra le cause principali, a cui il Monviso debbe la sua forma attuale. Infatti, se tu supponi un terreno di questa fatta sollevato a grande altezza, capirai che le acque ed i ghiacciai facilmente si apriranno nel medesimo vie e solchi profondi, traendo seco a precipizio le parti degli strati superiori, le cui basi si trovino corrose, e lasciando sempre contorni angolosi a burrati e dirupi ripidissimi. Codesti solchi frequenti e profondi sono anzi caratteristici di questa fatta di montagne, e ricevono dagli abitanti il nome di *coulor* dal francese *couloir*.

Le spaccature e le guglie che frastagliano le tre costole del Monviso, sono di ostacolo a che per esse si giunga alla vetta. Gli intervalli fra queste tre costole o grandi puntelli del Monviso sono formati di una serie di solchi e di gradini a picco di grande altezza e singolarmente bizzarri, in tutti i sensi rotti e frastagliati, a' cui piedi stanno cumuli enormi di rottami d'ogni dimensione dei varii strati che compongono la montagna. Questi cumuli di rottami (*cassere* nel dialetto del paese), continuamente avvivati da nuova roccia che si precipita dall'alto, hanno un pendìo spesso eguale al *maximum*, che comporti l'attrito delle masse di cui si compongono. Indi è che talvolta basta una lieve spinta per far rotolare pietre grossissime, le quali nello scendere altre ne trascinano seco. Cosicchè chi cammini poco pensatamente per queste macerie può, nuovo Orfeo, e senza bisogno di lira, tirarsi dietro quantità enormi di sassi. I fianchi stessi della montagna si stanno rovinando, e presentano dovunque massi talvolta grandissimi, cui par che basti poco più di un soffio per precipitarli al basso.

Digitized by Google

Quindi è che nell'ingolfarsi tra queste orride gole spesso è poco sicuro il piede, che posa sopra rottami, che facilmente vi sfuggono sotto, e sovente non è ben salda la mano che si aggrappa a pareti, cui basta un lieve sforzo per staccare dalla montagna.

Non è perciò malagevole capire come il Monviso sia per tanti secoli stato dichiarato inaccessibile anche dai più arditi montanari che ne vivono a' piedi. E per fermo veramente impossibile pare la salita fra le due costole che guardano Torino, ovvero fra la costola settentrionale e quella che va al S. O., troppo aperto essendo l'angolo che esse fanno tra loro, e troppo erti i burroni ed i precipizii dai quali sono tagliate.

Però il Mathews ebbe giustamente a riflettere che se v'era un lato per cui si potesse ascendere sul Monviso, egli era fra le due costole che volgono al mezzogiorno, e le cui proiezioni fanno angolo acuto di 54°. Ivi infatti il pendio medio non può non essere minore che sugli altri fianchi, ed i burroni ed i precipizii debbono esser meno formidabili.

Il fatto diede pienamente ragione alle previsioni del Mathews, imperocchè la salita del Monviso da questa parte non può dirsi malagevole, e solo richiede in chi la vuole intraprendere la facoltà di rimanere calmi sull'orlo di qualche precipizio, od all'incontro di qualche pericolo. Vuolsi puramente che l'orrore pel vuoto che si prova quando si sta sopra un abisso, non giunga a segno di dare il capogiro.

Ma egli è ormai tempo che torniamo laddove eravamo, cioè sul ciglio del bacino delle Forciolline e del Vallante. Ivi ci decidemmo a scendere alquanto per uno dei solchi,

Digitized by Google

di cui ti parlavo, e dove pochissimo mancò che il Baracco non avesse sul capo un masso smosso da qualcuno che gli stava dietro, masso che avrebbe per lui posto termine ad ogni gita. Indi costeggiammo il bacino tagliando parecchie striscie di rottami, che scendevano dai dirupi superiori, e giungemmo al torrente delle Forciolline.

Aiutandoci quindi delle mani e dei piedi risalimmo la stretta ed erta gola in cui scorre questo torrente, camminando ora sopra le roccie laterali, ora sopra i rottami, ora sovra i lembi di neve, e si pervenne così al piano superiore del vallone delle Forciolline.

Abbiamo molte volte osservato insieme nelle nostre escursioni alpestri come le valli più alte constino di una successione di bacini abbastanza piani e larghi, in cui si passa dall'uno all'altro per strette ripide gole aperte ora nel vivo sasso ed ora in masse di trasporto. I pianori di questa fatta al Monviso si dicono *maite* e contengono spesso piccoli laghetti di cui osserverai un gran numero gettando gli occhi sulla carta dello Stato Maggiore. Dico pianori, sebbene siano talvolta selciati di massi angolosi di parecchi metri cubi, ma tant'è che tutto è relativo: rispetto ai pizzi circostanti ed ai rottami che ne stanno ai piedi, sembrano piani di meravigliosa uniformità.

Nella parte superiore delle Forciolline vi sono quattro laghetti di questa fatta, e noi ci fermammo sulla sponda settentrionale del lago più alto, il quale è ad un tempo il maggiore. Ivi è un pianoro nel quale aveva passata la notte a cielo scoperto la comitiva che nella precedente settimana aveva tentato col Peyrotte la salita del Monviso, e che ad onore della gentile signora che ne faceva parte, noi chiamammo *Maita Boarelli;* quivi piantammo le due tende che avevamo, onde pernottarvi.

Digitized by Google

Sarebbe stato desiderabile ed importante l'attendarci più in su, onde essere il giorno susseguente più vicini alla vetta del Monviso, ma i portatori delle tende e degli altri arnesi doveano tornare la sera stessa a Casteldelfino, e fu giuocoforza il porli in libertà in tempo utile. Essendo ancora alto il giorno, ci diemmo ad esplorare i dintorni ed andammo a visitare il passo delle Sagnette, per cui dal vallone delle Forciolline si scende nella valle del Po.

A partire dalla Malta Boarelli trovammo il fondo della valle coperto di neve, ad eccezione dello sporgere che qua e là facevano masse di roccia in posto, ovvero di rottami d'altezza un po' notevole. A quanto ci si diceva, il vallone delle Forciolline suole a questa stagione essere sgombro di neve, ma quest'anno la quantità che ne cadde nelle Alpi fu tale, che non si ha ricordanza di altrettanta da un pezzo.

Al passo delle Sagnette e sopratutto avanzando di forse cento metri alla nostra sinistra sopra alcune roccie sporgenti, che salutammo col nome di roccie di Calabria ad onore del paese rappresentato dal nostro Baracco, avemmo la più bella vista, che la fantasia la più ardita possa immaginare.

A distanza la pianura del Po, ove si distinguevano benissimo parecchie città e le strade ed i fiumi, che sembravano liste d'argento. Indi emergevano le Alpi, i cui contrafforti parevano dalla nostra altezza umili collinette. Sotto noi, tanto che sembrava avremmo potuto lanciare in essi una pietra, i laghi da cui hanno origine la Lenta ed il Po, e certe roccie montone bellissime che non posso a meno di indicare alla tua attenzione. Attorno a noi guglie tagliate a picco, precipizii, orrori veramente sublimi.

Digitized by Google

Massi enormi parevano attenere alla montagna per poco più di un filo, e certe piramidi acutissime sembravano doversi precipitare in basso con lieve spinta. Le roccie stesse sopra le quali noi ci trovavamo, erano in siffatta guisa fratturate, che non pareva gran fatto prudente lo scuoterle di soverchio. Regnava quel singolare silenzio sepolcrale che fa tanta impressione sulle alte montagne al di sopra dell'abitato, delle foreste e dei torrenti.

Ma egli è inutile che io tenti neppure di adombrarti spettacoli di tal fatta. Una sola penna avrebbe potuto dipingerli, quella di Dante! Gran peccato che il poeta fiorentino, invece delle microscopiche accidentalità degli Apennini, non abbia conosciuto i colossali e sublimi orrori delle Alpi! Che immagini e che pennellate ne avrebbe tratte quel finissimo osservatore della natura, il quale così profondamente ne sentiva tutte le più recondite bellezze!

Ma la notte si stava alzando, e fu giuocoforza l'abbandonare lo stupendo spettacolo, non però senza aver fatto prima due osservazioni barometriche, la prima alle roccie di Calabria, la seconda al passo delle Sagnette:

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	5 1[2 pom.	728,2	27,25	26	
Gastaldi	Id.	535,9	10	8	2579
S. Robert	6 pom.	728,2	27	24,60	
Gastaldi	Id.	537,5	11	8	2549

Digitized by Google

Dall'ultima osservazione si concluderebbe che il passo delle Sagnette è a 2973 metri sul mare.

Giunti alla Maita Boarelli trovammo le tende all'ordine, una per noi ed un'altra per le guide, ed un pranzo formale allestito dall'Abbà. Questa guida, cumulando le qualità di valoroso montanaro, di abile cuoco e di attento cameriere, ci fu in tutta la nostra gita veramente utilissimo.

Del resto il conte di San Robert aveva pensato a tutto; non mancava neppure la senepa di Mail, *grand moutardier de LL. MM. les empereurs* di non so quanti imperi! Non credo che siensi fatti mai di consimili festini a tanta altezza ed in siti così selvaggi. Le severe cime che ci contemplavano debbono esserne state scandalizzate.

Dormimmo quindi sotto le tende. Taluno di noi aveva spinto il sibaritismo fino al farsi trasportare un materasso a soffietto! Io trovo che stendendo sulla terra un pastrano impermeabile all'umidità, ponendo come origliere il sacco a martelli da geologo, e gettando sul corpo un paio di coperte si può dormire con tutto il *comfort* desiderabile.

Però io esagererei di molto quando dicessi di aver fatta una buona nottata. Il passaggio dalle discussioni parlamentari e dalla snervante vita sedentaria a questi faticosi esercizii era stato forse troppo repentino, ed il sangue aveva ricevuta una scossa subitanea, che mi dava un'agitazione febbrile. Ma il mio amico Baracco, che era presso a poco sulla nuda terra, sebbene allevato in mezzo alle delizie di Napoli, e fra tutti gli agi compatibili con una delle più grandi fortune d'Italia, dormì saporitissimamente tutta la notte. E poi mi si discorra della mollezza dei meridionali.

Digitized by Google

La mattina del 12 agosto eravamo tutti in piedi ai primi albori, e tosto ci avviammo coi nostri bastoni alpini a punta di ferro in compagnia delle tre guide, alle quali avevamo affidati barometri, martelli, cannocchiali, un'ascia per tagliare il ghiaccio, una lunga corda, qualche leggiero soprabito ed i viveri per una modesta colazione. Nè scordammo il volume dei *Peaks, Passes and Glaciers* in cui si trova la relazione della salita del Mathews, che fu la nostra vera guida.

Ricalcammmo le nevi già attraversate per andare al passo delle Sagnette, e indi ci volgemmo contro il seno meridionale del Monviso formato dalle due costole dirette al sud-ovest ed al sud-est. Ivi avemmo a camminare alcun poco per nevi interrotte, come già ti dissi, da sporgenze di roccie in posto o di macerie di trasporto e giungemmo ad una piccola collinetta, che aveva i caratteri di una morena. Dietro questa sta un ghiacciaio avente una estensione di qualche chilometro, il quale mi pare essere permanente, ed è d'altronde anche raffigurato nella tavola annessa alla relazione di Mathews.

Questo ghiacciaio aveva da prima un lieve pendío, che ci era agevole e piacevole di superare, ma pervenuti appiè di un'alta parete, e ripiegatici a destra verso la costola sud-est, trovammo siffatta pendenza, che i nostri piedi non armati di grappe non ci potevano più reggere sulla neve, la cui superficie era affatto indurita e gelata. Forza fu adunque ricorrere all'accetta ed aprire in al guisa molte centinaia di gradini. Lavoro che ci fece perdere un tempo grandissimo, imperocchè la comitiva non poteva avanzare di un passo se non dopo che la prima guida avesse scavato un nuovo gradino nel ghiaccio. Ed

Digitized by Google

avrai agevolmente idea del fastidio dell' operazione apprendendo, che tra i gradini scavati in questo ghiacciaio e quelli aperti nei lembi di neve che incontrammo più in su, si giunse a farne poco meno di un migliaio.

Il ghiacciaio in questione aveva nella sua parte superiore una pendenza di oltre 30° e, percorrendolo, incontrammo frequenti pedate di camosci, di cui sapevamo essere stato visto un branco nella settimana precedente: dopo la scomparsa dei cinghiali di Virgilio, sono essi gli animali più peregrini del Monviso.

La grande copia di neve caduta in questo anno, e che era tuttora rimasta in quasi tutti i solchi della montagna, ci lasciava presumere, che si dovesse in qualche parte abbandonare l'itinerario di Mathews.

Indi è che, oltrepassato il ghiacciaio e giunti ai piedi di una delle tante pareti di che si forma il seno, in cui eravamo, spedii innanzi la più esperta delle nostre guide, il Gertoux, a riconoscere la via, onde non esporre la comitiva ad avviarsi per qualche cattivo passaggio che non si riuscisse a superare.

Il Gertoux, la cui arditezza, fermezza di piede e robustezza di braccio è veramente ammirabile, non era meno di noi animato per riescire nell' impresa, ed appena lo lasciai andare, si slanciò sovra quelle orride scogliere collo stesso impeto di un cavallo generoso cui si affaccia una salita. Dopo tre quarti d'ora era di ritorno affermando di aver trovato vie accessibili che ci avrebbero, se non altro, condotti a grande altezza, ed animosi cominciammo ad arrampicarci per gli scogli. Tra l' opera dei piedi e delle mani, tra l'aiuto che qualche volta si riceveva da chi era avanti e da chi stava dietro, si andava su per balze, che

Digitized by Google

veramente si sarebbero dette inaccessibili, e fra cui un uomo difficilmente si avventurerebbe solo.

Si ascendeva talora sopra grossi frammenti sciolti, i quali erano assai pericolosi per la poca fermezza. Quindi venivano parecchi lembi di neve così ghiacciata e rigida (il pendío eccedeva talora 34°) e che terminavano in così fatti precipizii, che per fermo quegli cui fosse mancato un piede si sarebbe trovato a partito disperato. Io volli allora che ci legassimo l'uno all'altro con una corda comune, onde se qualcuno fosse caduto gli altri il potessero sostenere. Ma le guide non avevano mai vista in opera simile precauzione, che del resto in montagne così povere di ghiaccio come queste, rarissime volte occorre, e quindi moveano obiezioni. Parimenti a taluno di noi pareva che questo legarci gli uni agli altri non dovesse avere altro effetto, che quello di trarci tutti a precipizio quando taluno fosse sdrucciolato. Finalmente riuscii a vincere tutte le difficoltà e fu grande fortuna, perchè nello scendere uno di questi ripidissimi lembi di neve, sdrucciolò un piede al signor Giacinto di S. Robert.

È istinto naturale, a chi non è esperto di ghiacciai, l'abbandonare in siffatti casi ogni oggetto che si abbia in mano, onde cercare di aggrapparsi direttamente al suolo colle dita. Ma siccome le unghie neppure nel ghiaccio non penetrano, vuolsi invece stringere con tutta forza il bastone ferrato senza cui non si debbe mai attraversare un ghiacciaio. Con un po'di sangue freddo, anche quando si comincia a sdrucciolare, si riesce a ficcare nel ghiaccio la punta del bastone e vi si apre un solco, per cui la velocità del corpo comincia a diminure e ben presto si riesce a fermarsi.

Digitized by Google

Ma tornando al Giacinto di S. Robert, non appena il piede mancò, che abbandonò il bastone, il quale partì come una freccia giù pel ghiaccio e se non era della corda, con cui era legato al Gertoux, egli era perduto. Nè questo è il primo caso che mi occorra di vedere in tal modo salvata la vita di un uomo. Credo di averti più di una volta narrato come nel salire il Breithorn, nel 1854, io fossi sopra una crepatura di un ghiacciaio, la quale non aveva meno di 10 metri di larghezza e qualche centinaio di metri di profondità, come mi ci trovassi solo in piedi col bastone confitto nel ghiacciaio mentre da me pendevano per mezzo della corda il mio compagno di viaggio ed una guida, che impiegarono nientemeno di tre quarti d'ora a rimettersi in piedi.

Ed in tal guisa, ora aggrappandoci a roccie in posto, ora sopra frammenti sciolti, ora sul ghiaccio, avanzammo lentamente, ma sicuramente. Di tratto in tratto si sostava per mandare innanzi il Gertoux. Questi da principio, o fosse la novità del mestiere, o fosse la preoccupazione di riescire nella salita, non badava gran fatto alla nostra sicurezza; ma dopo che l'ebbi avvertito finì per moltiplicarsi in guisa da assisterci in ogni cattivo passaggio e da indicarci ad ogni istante una via possibile per cui andare avanti.

Veramente qualche volta fra lui e noi c'era discrepanza; noi volevamo che si stesse alle indicazioni del Mathews e si andasse il più vicino possibile alla costola sud-est; egli per contro voleva portarci nel mezzo del seno, che è fra questa costola e quella delle Forciolline. Nè era facile persuaderlo; che il Gertoux è vero montanaro, cioè a dire testardo..... quasi come un biellese.

Digitized by Google

Intanto non appena si girava il capo vedevansi le punte delle Alpi marittime abbassarsi di più in più ed allargarsi ad ogni passo l'orizzonte, che era veramente magnifico. Le varie vallate, che confluiscono nella pianura del Po, si andavano distinguendo di bene in meglio ed i contrafforti che le dividono, parevano colline di poco momento.

Le stesse creste, che spartiscono il vallone delle Forciolline da quello delle Giargatte sembravano aver perduto molto dell'orrore che ammiravamo quando ne eravamo ai piedi. Gli è che infatti l'altezza a cui si era, cominciava ad esser considerevole.

A un certo punto ci affacciammo alla costola, che scende al sud-est, onde gettare gli occhi nella valle del Po e della Lenta. Non scorderò di leggieri il tremendo precipizio che ci si aprì davanti. A molte centinaia di metri si scorgeva i laghi donde questi fiumi traggono origine e parevano quasi a perpendicolo sotto i nostri piedi. Si fece rotolare in basso qualche masso: il masso che scendeva, urtando le pareti, ne staccava altri, e giù tutti per l'orribile precipizio con fracasso spaventevole. Ma il passatempo non era senza pericolo per noi, e poteva riescir fatale a chi si fosse dall'altra parte avventurato a qualche esplorazione: e tosto si smise.

Il tempo era stato bellissimo al sorgere del sole, ma certe nuvole bianche si andavano qua e là formando, e cominciava ad ascendere dalla valle verso il monte un venticello in cui si formavano nebbie più o men fitte, le quali ci andavano avvolgendo. Indi la necessità di procedere con sollecitudine e sopratutto con precauzione. Epperciò, giunti a poca distanza da un filo di acqua che esciva da un lembo di neve, ci determinammo di spe-

Digitized by Google

dire il Gertoux fin presso la cima, e dare intanto opera alla colezione, la quale tra la fatica sostenuta, l'ora tarda e l'aria vivissima ci parve molto saporita. Una osservazione coll'aneroide mostrò che eravamo verso i 3550 metri sul mare. Eravamo dunque prossimi alla cima!

Ma il Gertoux non tornava: ci diemmo a chiamarlo poichè la nebbia era sì fitta, che a poca distanza nulla si vedeva. La nostra voce era ripetuta sei o sette volte dall'eco, che per quelle balze rimbombava chiarissimo, ma nessuna traccia di risposta. Finalmente ricomparve il Gertoux, che era stato trattenuto da passi difficilissimi, e ci annunciò che si poteva giungere alla cima. Tosto ci alzammo seguendo il Gertoux con più animo che mai, e ad un bel punto ecco la cima!

Qual destrier.....

ma che Metastasio fra questi severi orrori! Il fatto sta che mi posi a correre su per la scogliera, che stavamo scalando, con maggiore agilità che se fossi in riposo da una settimana, e ben presto giunsi a calcare la vetta. Qualche istante dopo arrivava il signor Giacinto di S. Robert, e poi man mano tutti gli altri.

In un attimo stanchezza, dubbii, paure, sofferenze, tutto fu scordato. Eravamo finalmente riesciti! La soddisfazione delle buone guide che ci accompagnavano non era minore della nostra. Siamo venuti da noi, dissero anzitutto, senza bisogno di stranieri. Vedi l'amor proprio nazionale! Ma l'orgoglio nostro fu rintuzzato da un *uomo di pietra* (così diconsi nelle Alpi quegli ammucchiamenti piramidali di pietre che soglionsi costruire sulle vette), prova materiale che eravamo stati preceduti.

Digitized by Google

Una nebbia fitta ci avvolgeva, ma colla bussola fummo presto orizzontati. Noi eravamo sulla punta occidentale del Monviso, ed a forse cento metri da noi appariva la punta orientale coperta di neve.

Il Mathews era invece giunto prima sulla punta orientale, e sceso quindi nella gola, che la divide dalla occidentale, salì anche su questa, ed eresse l'uomo di pietra presso cui noi eravamo. Il Tuckett, che era accompagnato da una delle guide del Mathews, pervenne pure alla cima orientale, ma non tentò la salita della occidentale.

Il Mathews dice nella sua relazione, che lo andare da una cima all'altra fu cosa presto fatta (*which was soon done*). Il Tuckett asserisce invece che la cresta congiungente le due punte era così pericolosa (*the ridge connecting the east and west-peak was in such a dangerous condition*) che quantunque passasse ivi la notte, non si affidò ad attraversarla. Ci spiegammo facilmente la differenza fra le due versioni supponendo che il Mathews non avesse trovata gran copia di neve al 30 agosto 1861, ed al Tuckett si fosse invece presentata il 4 luglio 1862 soltanto parte della neve, che noi trovammo il 12 agosto 1863.

Era naturale che quella benedetta ostinazione del Gertoux, nel volersi tenere a sinistra piuttosto che a destra ci portasse sulla punta occidentale, ma ora si trattava di vedere se v'era modo di arrivare alla punta orientale.

M'accostai al Gertoux, e datagli una stretta di mano, che gli inglesi direbbero *sostanziale*, gli proposi sottovoce di tentare la punta orientale. Ed egli, accertato che le grappe erano bene affibbiate ai piedi, senza esitare si pose in via col solo bastone ferrato.

La cresta da attraversarsi era veramente formidabile.

Digitized by Google

Immagina due strati di neve ghiacciata, i quali abbiano una pendenza grandissima, e che terminino dalle due parti in precipizii orribili: supponi che questi strati siano congiunti da uno spigolo acutissimo, da un vero coltello il quale sia per giunta grandemente inclinato all'orizzonte, ed avrai idea della costiera che riuniva le due parti.

Appena le altre guide videro il Gertoux sopra questo periglioso passo, gli gridarono di badare, e di tornarsene addietro. Le feci tacere osservando, che non era quello il modo di dare animo a chi si trova in pericolo. E veramente il pericolo era grande imperocchè egli procedeva reggendosi per una parte coll' ascella che posava sullo spigolo sopradescritto e dall' altra colle grappe, che col battere a più riprese, ei cercava di fare penetrare nel ghiaccio.

Finalmente il Gertoux giunse alla cima orientale. Gli gridammo di cercare nell'uomo di pietra anche ivi eretto dal Mathews i termometri lasciati dal Tuckett. Ed ei trovò i due termometri: ma siccome temevamo che nel trasportarli si spostasse l'indice di questi strumenti, che sono a *maximum* ed a *minimum*, gli ingiungemmo di lasciarli al loro posto.

Ci avvertì quindi che vi era un tubo contenente un foglio di carta, e questo gli facemmo facoltà di portarci.

Si avviò poscia il Gertoux per tornare, ed ebbe un momento a trovarsi a cavallo dell'acuto spigolo, che divideva i due versanti di neve, e scendeva con notevole inclinazione. Egli era quindi con mezzo corpo in aria e nella quasi impossibilità di adoperare il bastone con frutto. Vi fu un momento in cui lo credetti perduto, ma alla fin fine ci arrivò sano e salvo.

Digitized by Google

Il tubo recatoci conteneva il foglio delle osservazioni dei termometri lasciati dal Tuckett. Ci limitammo a porre dentro al medesimo una carta di visita coi nostri nomi. Intanto io ardeva dal desiderio di salire anche l'altra cima. Mi volsi a quella delle altre due guide che aveva le grappe ai piedi, e la richiesi di accompagnarmi: io sarei andato fra il Gertoux e lui, tutti e tre legati ad una corda, ma egli rispose che neppure per mille lire si sarebbe arrischiato a questo passo.

Non aveva grappe, nè aveva speranza di reggermi sul ghiaccio colle sole scarpe, sebbene le avessi fatte armare di convenienti chiodi. Chiesi al Gertoux quanto tempo richiedeasi per aprirmi coll'accetta una gradinata nel ghiaccio. Mi rispose: non meno di un'ora. Erano oltre le due e mezza, la nebbia più fitta che mai, e noi senza cibi e coperte per passare la notte. Prevedeva che la discesa di tutta la comitiva sarebbe stata assai lunga, nè poteva pensare a togliere ai compagni il principalissimo sussidio del Gertoux. Dovetti quindi far di necessità virtù e rinunciai *per quel giorno* alla punta orientale del Monviso.

Il Gertoux vi tornò a riporre il tubo al suo posto, e ciò egli fece seguendo nell'andare la stessa via, e raggiungendoci poi di là per altra strada, ed assai più in basso mentre scendevamo.

Sulla punta occidentale noi coprimmo di una bandiera bianca e rossa l'uomo di pietra eretto dal Mathews. Lasciammo quindi un termometro a *maximum* e *minimum* in un interstizio naturale esistente negli scisti al nord ed a qualche metro dall'uomo di pietra.

I barometri ci diedero i seguenti risultati:

Digitized by Google

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	2 1/2 pom.	727,0	27,75	26,65	
Gastaldi	Id.	483,7	11	6	3430
Sella	Id.	483,8	10	6	3436

Avremmo adunque trovato mediamente che il Monviso è a 3857 metri sul livello del mare. Le determinazioni di questo importante dato, che sono più recenti, ovvero più di frequente citate nelle opere recenti, sono quelle del quadro seguente:

Autore	Metodi di determinazione	Altezza
Coraboeuf [1]	Triangolazione	3836 m.
Stato Maggiore [2]	Id.	3840
Mathews [3]	Barometro	3861
Tuckett [4]	Id.	3850

Nell'opera *Opérations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du paralléle moyen,* tomo secondo,

[1] *Notice sur une mesure géométrique de la hauteur au dessus de la mer de quelques sommets des Alpes. Paris 1825.*

[2] Carta alla scala di 1 : 50000.

[3] *Peaks Passes and Glaciers.* Vol. 2 Ser. 2. London 1862. Osservazione fatta il 30 agosto 1861, e paragonata colle osservazioni barometriche degli osservatorii di Torino, Ginevra e Gran S. Bernardo.

[4] *A night on the Summit of Monte Viso.* — Da quattro osservazioni fatte il 4 e 5 luglio 1862, paragonate con quelle degli osservatorii predetti.

Digitized by Google

pagina 387, si attribuisce al Monviso un'altezza di 3798 metri desunta da un calcolo instituito sopra un solo triangolo osservato da alcuni ufficiali. Ma siccome nell'atlante di questa stessa opera non si tiene conto di questa determinazione, e si attribuisce al Monviso un'altezza di 3832 metri, che è pressapoco quella di Coraboeuf, io credo pure di non prenderla in considerazione. La media delle quattro determinazioni del quadro precedente è di 3847 metri; e se ad esse si riunisca pure la nostra determinazione si ha una media generale di 3849 metri.

È abbastanza singolare come le altezze determinate col barometro sian tutte più alte di quelle determinate colla triangolazione, e che la media delle prime di 18 metri superi la media delle seconde.

Il Mathews e il Tuckett non osarono affermare quale delle due cime del Monviso fosse la maggiore, tanto piccola è la differenza, se pure esiste. Noi avevamo un livello a specchio, ma con questo null'altro vidi se non che la parte occidentale era alquanto più alta della porzione della punta orientale, sgombra di neve, ed alquanto più depressa del cacume di neve ivi accumulata. Sicchè la questione rimane tuttora indecisa.

Noi ci eravamo aspettati un panorama unico. Basta pensare che da ogni cresta alpina e da ogni angolo del Piemonte e fino dal duomo di Milano si vede il Monviso per farsi un'idea di ciò che da questa sommità si debbe vedere.

Io poi mi aspettavo sopra tutto di avere una nuova occasione di ammirare i grandi colossi delle Alpi, come il Monbianco, il Cervino ed il Monrosa. E infatti tu sai come quel che più importa a vedersi dalla cima di un alto

Digitized by Google

monte non sian tanto lontane città, lontani fiumi che vi si stendono ai piedi come immense carte geografiche. Veramente bella e sublime è invece la vista delle montagne che si sollevino ad altezza non minore di quella su cui siete.

Non scorderò mai l'impressione che provai dalle cime del Monrosa, scorgendo venir su gigante il Monbianco come una massa di grandezza ed altezza imprevista, la quale torreggiava bianchissima sopra un singolare pianoro formato dai vertici delle altre minori cime delle Alpi.

Ma invece eravamo in una nebbia sempre più fitta. Essa si squarciò qualche istante per lasciarci vedere la valle del Pellice e Pinerolo, la valle del Guil, ecc., ma le son miserie da non mentovarsi appetto di quello che ci aspettavamo. Sapemmo la sera che nel vallone delle Forciolline piovve per ben due sere; e chi ci aspettava fu in grande inquietudine sul conto nostro.

Forza fu adunque rassegnarci a scendere, ed alle tre ci ponemmo per via, se non altro lieti di esser riesciti nel nostro intento.

La discesa nulla offrì di rimarchevole, salvo che era un po' più pericolosa della salita, imperocchè avevamo ora davanti agli occhi i precipizii in cui terminavano quelle difficili chine. Ma tra l'aiuto dei piedi, delle mani, dei bastoni, delle corde e delle guide si giunse a notte fatta, ma perfettamente sani e salvi della persona, alla Maita Boarelli.

Non dirò che i nostri abiti fossero in condizione egualmente buona. I miei scarponi, che al mattino erano muniti di buone file di chiodi di montagna, li avevano pressochè tutti perduti. Era un vero oggetto di curiosità la

Digitized by Google

pelle palmare dei nostri guanti, che le acute sporgenze a cui ci aggrappavamo avevano quasi per intiero annichilata. Il Baracco si rallegrava che non vi fossero signore alla Maita Boarelli, tanto serie erano le avarie di una parte del suo vestire.

Ma quel che più ci dolse fu che il tuo barometro tornò rotto. E perchè finisse di acconciarsi per le feste, chi lo portava il giorno dopo rotolò con non piccolo suo pericolo per uno di quei lembi di neve che si trovano sotto ai laghi delle Forciolline.

Se cenassimo allegramente e dormissimo profondamente non occorre che dica.

Il giorno dopo, prima di partire, si volle fare qualche osservazione. La temperatura dell'acqua bollente non era che di 91°. Il mio barometro, il quale, malgrado avesse perduto non poco mercurio, poteva ancora essere osservato, diede i seguenti risultati:

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	6 antim.	728,6	27	21	
Sella	Id.	547,7	6,3	6,2	2372

cosicchè noi i quali ci trovavamo a forse 30 metri sopra il lago superiore delle Forciolline, eravamo a 2796 metri sul mare.

Ci avviammo quindi verso Casteldelfino, ma per non rifare la stessa strada e per riconoscere quel benedetto errore della carta, di cui già ti parlai, ci recammo prima

Digitized by Google

in un valloncello adiacente a quello delle Forciolline, e salito un colle, che ha nome di *Bergia* delle *Sagnette*, ci trovammo direttamente sopra la valle, che termina col passo di S. Chiaffredo, valle, cui si dà il nome di Giargiatte.

Dalla Bergia delle Sagnette avemmo la soddisfazione grandissima di vedere coi nostri cannocchiali ed in modo distintissimo la bandiera da noi lasciata sulla vetta del Monviso.

Questo passaggio è a 2962 metri sul mare, come dall'osservazione seguente:

Barometro	Ora	Altezza del Barometro	Temperatura del Barometro	Temperatura dell'aria	Altezza sopra Verzuolo
		mm	o	o	m
S. Robert	8 1|2 ant.	728,65	27,75,	21,6	
Sella	Id.	539,6	15,5	11,5	2537

Nulla ti dirò dei laghetti, delle roccie rotondate, delle morene da noi trovate nello scendere questa bella valletta più ampia delle Forciolline, i cui contrafforti presentano nella parte superiore gli stessi fenomeni di fissilità, imperocchè mi tarda di venire a capo di questo insopportabile letterone. Solo noterò, che trovammo qui i larici ed i pini cembri aver comune origine ad una altezza, che da una osservazione coll'aneroide apparirebbe di circa 2390 metri invece dei 2374 metri trovati col barometro a mercurio nella fontana dei Gorghi.

Aggiungerò finalmente, che al *Vaccinium Myrtillus* (be-

Digitized by Google

rice) trovammo commisto il *Vaccinium uliginosum*, i cui frutti sono più dolciastri e meno gustosi del berice.

A Casteldelfino ci si fecero le più vive congratulazioni: del resto la voce del nostro tentativo era andata in giro. La tua tenda e quella di S. Robert avevano fatto credere che fossimo Inglesi, come se essi soli avessero da salire le nostre montagne.

E poichè gli Inglesi mi cadono sotto la penna, aggiungo una osservazione ed ho finito.

A Londra si è fatto un *Club alpino*, cioè di persone che spendono qualche settimana dell'anno nel salire le Alpi, le nostre Alpi! Ivi si hanno tutti i libri e le memorie desiderabili; ivi strumenti fra di loro paragonati con cui possono fare sulle nostre cime osservazioni comparabili: ivi si leggono le descrizioni di ogni salita, ivi si conviene per parlare della bellezza incomparabile dei nostri monti e per ragionare sulle osservazioni scientifiche che furono fatte o sono a farsi; ivi chi men sa di botanica, di geologia, di zoologia porta i fiori, le roccie o gl'insetti, che attrassero la sua attenzione e trova chi gliene dice i nomi e le proprietà; ivi si ha insomma potentissimo incentivo non solo al tentare nuove salite, al superare difficoltà non ancora vinte, ma all'osservare quei fatti di cui la scienza ancora difetti.

Già si sono pubblicati tre eleganti volumi sotto il titolo che più volte mentovai di *punte, passaggi e ghiacciai, escursioni dei membri del Club alpino;* ora si è intrapreso un giornale trimestrale. Di quanto giovamento siano queste pubblicazioni ai *touristes* è troppo agevole l'intendere; e così senza la bella relazione del Mathews non so se noi saremmo riesciti nella salita del Monviso.

Digitized by Google

Anche a Vienna si è fatto un *Alpenverein* ed un primo interessantissimo volume è appunto venuto in luce in questi giorni.

Ora non si potrebbe fare alcunchè di simile da noi! Io crederei di sì. Gli abitanti del nord riconoscono nella razza latina molto gusto per le arti, ma le rimproverano di averne pochissimo per la natura. Veramente chi avesse visto le nostre città pochi anni or sono, e considerata, ad esempio, la guerra spietata che si faceva alle piante, e il niun conto in cui si tenevano le tante bellezze naturali che ci attorniano, avrebbe potuto convenirne. Però da alcuni anni v'ha grande progresso. Bastino in prova i giardini di che Torino e Milano cominciano ad ornarsi. Oltre a ciò ogni estate cresce di molto l'affluenza delle persone agiate nei luoghi montuosi, e tu vedi i nostri migliori appendicisti, il Bersezio, il Cimino, il Grimaldi, intraprendere e descrivere le salite alpestri, e con bellissime parole levare a cielo le bellezze delle Alpi. Ei mi pare che non ci debba voler molto per indurre i nostri giovani, che seppero d'un tratto passare dalle mollezze del lusso alla vita del soldato, a dar di piglio al bastone ferrato, ed a procurarsi la maschia soddisfazione di solcare in varie direzioni e sino alle più alte cime queste meravigliose Alpi, che ogni popolo ci invidia. Col crescere di questo gusto crescerà pure l'amore per lo studio delle scienze naturali, e non ci occorrerà più di veder le cose nostre talvolta studiate più dagli stranieri, che non dagli Italiani.

Sta sano.

Il tuo affezionatissimo
QUINTINO SELLA.

Digitized by Google

LE FORME DELL'ACQUA

NUBI E FIUMI, GHIACCIO E GHIACCIAI.

Digitized by Google

Digitized by Google

Nello scorso giugno ricisitai, dopo dodici anni d'assenza, la Mer de Glace; colà mi colpì in singolar modo, osservando quella splendida natura, il fatto che fosse maggiore assai l'eccesso di consumo a confronto della produzione; se questo stato di cose si prolunga e continua, i ghiacciai della Svizzera diventeranno un rudimento appena di quello che già erano.

Quando vidi per la prima volta la Mer de Glace, i ghiacciai di essa torreggiavano al di sopra dei Mottets, ed un braccio dell'Arveiron, che sgorgava dai ghiacciai, precipitava sulle rocce con cascata imponente. Il ghiaccio finisce ora molto al di qua, poichè il ghiacciaio, ritirandosi, lasciò scoperta una enorme morena, la quale segnerà per qualche tempo l' ampiezza recente del ghiacciaio stesso. La volta dell'Arveiron diminuì di molto. Il cammino che mena al Chapeau segue una morena laterale, cui si arrivava, or sono pochi anni, dalla superficie del ghiacciaio, la qual superficie è in oggi molto al di sotto. Il visibile e continuo sparpagliarsi delle morene sul fianco della montagna, spiega la mancanza di antiche creste sulle montagne ripide. La cascata di ghiaccio del Géant, soffrì molto per questo diminuire del ghiacciaio; i crepacci presentano

Digitized by Google

ancora una scena selvaggia, ma i ghiacci e i seracs d'una volta, non sono che magramente rappresentati in oggi.

Il grande Aletsch ed i suoi vicini, presentano gli stessi indizii di impiccolimento; anzi quest'anno trovai che le due antiche morene, delle quali parlo al paragrafo 364, sono parti della stessa grande morena laterale che fiancheggiò il ghiacciaio per lungo tempo, durante il quale l'estensione del ghiacciaio deve esser restata pressochè costante. Questo confine così distinto, segna in modo singolare, il posto che occupava altre volte l'antico fiume di ghiaccio.

Mentre io soggiornava quest'anno al Bel Alp, avvenne una catastrofe in seguito alla quale riesce inesatta, momentaneamente, la descrizione che ho fatta al paragrafo 50 del Märgelin-See. Insieme a due giovani amici, discesi il ghiacciaio ed oltrepassai la gola della Massa; di ritorno al Bel Alp, trovammo tutto il personale dell'albergo alle finestre guardando con ansietà verso il ghiacciaio, dal quale proveniva un rumore come rombo di cataratta. Si diceva che il Märgelin See aveva rotto le dighe; ed era appunto il caso. Per un certo tempo l'acqua flui sotto il ghiacciaio, ma a metà circa tra il Bel Alp e l'Æggischhorn uscì fuori a fianco di questo e formò un torrente fra il ghiacciaio ed il pendio della montagna. In alcuni punti questo fiume era largo oltre sessanta metri, in altri si restringeva a meno di dodici. Il torrente si precipitava furioso da grandi altezze, balzando dall'uno all'altro bordo di ghiaccio e spandendo nell'aria una nube di spruzzi. In un certo punto il letto del torrente era costituito da un denso strato di sabbia molle, nella quale l'acqua, passando tumultuante, lasciava le impronte di enormi e solcati imbuti.

Digitized by Google

Appena arrivati al Bel Alp scorgemmo le prime acque del torrente all'altro lato della valle, via spazzando tutto quanto incontravano, poi lanciandosi attraverso la gola che noi avevamo percorsa in quel giorno stesso! All'estremità del ghiacciaio, mi aveva colpito la forza e il volume delle acque della Massa e la grandezza della volta di essa, ma non mi sapeva spiegare allora i massi di ghiaccio che portava giù continuamente. Senza dubbio era quella una eruzione parziale che precedeva la grande catastrofe. Il Rodano era gonfio assai, i ricolti furono danneggiati o distrutti, e il conduttore della diligenza non sapeva spiegarsi, perplesso, i tre piedi d'acqua che coprivano la strada senza una ragione prossima. Due o tre giorni dopo a Æggischhorn, seppi che era stato spedito un ingegnere per vedere se fosse possibile aprire un canale onde impedire qualunque futuro accumularsi d'acqua nel Märgelin See. Se questo progetto riesce, sarà un'opera di grande utilità, ma con esso verrà ad essere distrutto uno dei più bei punti della Svizzera.

J. TYNDALL.

Settembre 1872.

Digitized by Google

Digitized by Google

LE FORME DELL'ACQUA
NUBI E FIUMI, GHIACCIO E GHIACCIAI.

1. *Nubi, Pioggia e Fiumi.*

1. Tutti i fenomeni in natura sono preceduti e seguiti da altri fenomeni che ne sono le cause e gli effetti. La mente dell'uomo non si accontenta di osservare e studiare un fenomeno isolato, ma cerca di connettere il fatto naturale con quelli che lo precedettero e con quelli che ne devono seguire.

2. Così nello accingerci allo studio dei fiumi e dei ghiacciai, sarà maggiore il nostro interesse se oltre agli aspetti loro attuali ci occuperemo anche delle cause di essi e degli effetti.

3. Rimontiamo alla sorgente di un fiume; partendo dal punto dove sbocca nel mare e ascendendo, troviamo che qua e là riceve affluenti i quali ne ingrossano le acque; al di là degli affluenti il fiume va restringendosi, dapprima rigagnolo poi ruscello, che si suddivide in parecchi fili d'acqua i quali costituiscono la sorgente del fiume e che escono per lo più da colline.

4. Così il Severn sorge dalle montagne di Galles; il Tamigi da quelle di Cotswold; il Danubio dalle colline della

Digitized by Google

Foresta Nera; il Reno ed il Rodano dalle Alpi; il Gange dai monti dell'Himalaya; l'Eufrate presso al monte Ararat; la Garonna dai Pirenei; l'Elba dai monti Giganti della Boemia; il Missouri dai monti Rocciosi, e l'Amazone dalle Ande del Perù.

5. È chiaro per altro che non siamo ancora arrivati al vero incominciare dei fiumi. D'onde derivano le acque, i primi rigagnoli? Una breve dimora fra i monti ci dimostrerà che questi fili d'acqua sono alimentati dalle piogge. Quando il tempo è secco i rigagnoli sono deboli e qualche volta anche si asciugano: nei tempi di pioggia li vedete farsi torrenti spumosi. In generale questi torrentelli si perdono in rigagnoli lungo il pendío delle colline; ma certe volte si può trovare l'esatta sorgente di un fiume. Il fiume Albula per esempio in Svizzera, sgorga, dove ha origine, con ingente volume d'acqua, da un lato di un monte. Facilmente però vi persuaderete che anche tali sorgenti sono alimentate dalle piogge, le quali infiltratesi fra le rocce e il suolo, sgorgano alla luce per qualche orifizio ch'esse trovano o che si fanno.

6. Ma non basta. D'onde viene la pioggia che forma poi i torrenti? L'osservazione vi fornisce la risposta: la pioggia non cade a cielo sereno, ci viene dalle nubi. Cosa sono le nubi? Non vi ricordate di qualche cosa che loro rassomiglia? Le potete benissimo paragonare al vapore condensato di una locomotiva. Ad ogni sbuffo della macchina si lancia in aria una nube; osservate attentamente e vedrete che questa nube si forma ad una piccola distanza al di sopra della bocca del gran tubo; osservate attentamente ancora, e vi riescirà di scorgere certe volte un tratto di spazio al tutto chiaro fra la bocca del tubo e la nube.

Digitized by Google

Attraverso questo spazio chiaro deve passare quel chè, che fa la nube. Cos'è dunque questo chè, il quale, ora trasparente e invisibile, riesce visibile un momento dopo qual nube densa ed opaca?

7. È *il vapore* che viene dall'acqua della caldaia. Dentro di essa il vapore è trasparente ed invisibile, e per conservarlo tale ci vuole appunto l' alto calore dell' interno della caldaia. Quando il vapore si mescola coll'aria fredda appena fuori del tubo, cessa d'essere vapore. Ogni particella di vapore si restringe col freddo, in una particella d'acqua ancor più piccola. Le liquide particelle così formatesi, costituiscono una specie di polvere d'acqua eccessivamente tenue, che fluttua nell' aria e che chiamasi nube.

8. Osservando la nube a striscia che esce dal tubo di una locomotiva in moto, la vedrete farsi a poco a poco meno densa finchè si dilegua affatto, e l'osservazione ripetuta v'insegnerà che la rapidità maggiore o minore dello svanire di questa nube, dipende dalle condizioni atmosferiche della giornata. A tempo umido la nube ondeggia a lungo nell' aria; a tempo secco viene rapidamente assorbita. E dove finisce? Si cambia di nuovo in vero vapore invisibile.

9. Più l'aria è secca e calda, maggiore è la quantità di nube che può disciogliere in essa. Quando la nube incomincia a formarsi, è di molto maggiore di quanto possa l'aria mantenerne in istato invisibile; ma a misura che la nube si mescola con una maggior massa di aria si discioglie sempre più, fin che riesce a convertirsi tutta dallo stato di liquido estremamente suddiviso in quello di vapore trasparente o gaz.

Digitized by Google

10. Chiudete ermeticamente il coperchio di un ramino in modo però che il vapore dell'acqua che vi bolle dentro trovi uscita dal becco: da questo uscirà una nube affatto simile a quella che vien fuori dal tubo di una locomotiva.

11. Fate in modo che il vapore appena uscito dal becco passi sulla fiamma di una lampada a spirito, e vedrete la nube sciogliersi all'istante per effetto del calore e non condensarsi più. Con un ramino a becco speciale l'esperimento può riuscire più eloquente ma non più istruttivo.

12. Osservate la finestra della vostra camera quando la temperatura è assai fredda; vedrete spesso che ne sgocciola l'acqua, la quale proviene dal condensarsi del vapore acqueo emesso dai vostri polmoni. Ciò riesce ancor più spiccato sui fenestrelli delle carozze di ferrovia, nell'inverno. Versate dell'acqua fresca in un bicchiere asciutto, in tempo d'estate, l'esterno del cristallo si appanna all'istante per effetto dell'umidità che si condensa. Nelle calde giornate non c'è vapore che esca fuori dalla vostra bocca, ciò che osserverete invece nelle giornate fredde, per effetto del condensarsi del vapore acqueo proveniente dai polmoni.

13. Finchè la porta e le finestre di una camera da ballo restano chiuse, finchè l'ambiente resta caldo, l'aria è trasparente; aperte le finestre e la porta, vi si produce una nubecula, effetto del condensarsi in nebbia del vapore acqueo contenuto nella sala. Allorchè la temperatura esterna è di freddo intenso, l'aria gelida che precipita nell'ambiente caldo può far sì che si veda fin anche cadere della *neve;* questo fenomeno fu osservato in alcune sale da ballo in Russia, come nelle stalle sotterranee di

Digitized by Google

Erzeroom, allorchè, aperti gli usci, si lasciava entrare l'aria fredda del mattino.

14. Questo vapore non manca mai nella nostra atmosfera, nemmeno nei giorni più secchi. Il vapore diffuso nell'aria di questa stanza, può congelarsi qui alla vostra presenza; basta per questo di riempire un vaso con una mistura di ghiaccio pesto e di sale, la qual mistura, più fredda del ghiaccio stesso, condensa il vapore acqueo e lo fa gelare. La superficie del vaso si copre di un nevischio che si può raccogliere, tanto da formare una palla di neve.

15. È necessario *il calore* per ottenere la nube, nel caso della locomotiva e del ramino. L'acqua riscaldata si converte in vapore, e il vapore per effetto del freddo si converte in nube. C'è in natura un fuoco capace di produrre le nubi della nostra atmosfera? C'è, e questo fuoco è il sole.

16. Così risalendo, senza interrompere la catena dei fenomeni, dalla foce del nostro fiume alla vera origine di esso, si riesce infine al sole.

2.

17. Certi fiumi però hanno sorgenti assai diversi. Non incominciano da rigagnoli che scorrono sul pendío di una collina, nè incominciano con una sorgente. Partiamo, per esempio, dalla foce del Rodano e rimontiamolo fino a Lyon dove il fiume volge all'est; passando da Chambery si giunge al lago di Ginevra dal quale esce il fiume; questo lago, si potrebbe considerare come sorgente del Rodano. Andiamo più innanzi fino all' estremità opposta

Digitized by Google

del lago, dove vedrete che il Rodano vien dentro, dove infatti il lago è un' espansione per così dire del fiume; più innanzi ancora troveremo che il fiume riceve dei piccoli affluenti dalle montagne che gli stanno a destra ed a sinistra; varcate queste e procedendo sempre, si arriva ad una immensa massa di ghiaccio — è l'estremità di un ghiacciaio — che riempie la valle del Rodano; dal piede di questo ghiacciaio sgorga il fiume; e così trovate la sorgente del Rodano nel ghiacciaio del Rodano.

18. Pure non siamo ancora alla vera origine del fiume. È facile il capire che queste prime acque del Rodano provengono dal ghiaccio che si fonde. Salite il ghiacciaio e dirigetevi verso i punti più elevati di esso; dopo un certo tratto, scompare il ghiaccio e vi trovate sulla neve. Se siete un buon montanaro riescirete a toccare precisamente la vetta di quest' immenso campo di neve, al di là del quale, discendendo l' opposto pendìo, lascerete indietro la neve, e vi troverete su di un'altro ghiacciaio, il Trift, dal piede del quale sgorga un'altro fiume più piccolo del Rodano.

19. Capite subito che il ghiacciaio è alimentato dalla neve della montagna la quale si converte poi, per un modo o per l' altro, in ghiaccio. Or d' onde viene questa neve? a guisa della pioggia, proviene dalle nubi, le quali come abbiam visto, provengono dal vapore che si innalza nell'atmosfera per effetto del sole. Senza fuoco solare non avremmo vapore atmosferico, senza vapore non avremmo nubi, senza nubi non le nevi, e senza nevi non avremmo ghiacciai. E così, curioso a dirsi, i ghiacci delle Alpi hanno origine dal calore del sole.

Digitized by Google

§ 3.

20. Ora cos'è il sole? Ne conosciamo la dimensione e il peso, sappiamo altresì che è un globo di fuoco assai più intenso d'ogni qualunque fuoco terreno. Qui però ci affacciamo ad altre ricerche. Dobbiamo conoscere esattamente cosa sia luce solare e calore solare; in qual modo luce e calore si manifestino ai nostri sensi, come dal sole giungano alla terra, e come mai qua arrivate, producano le nubi della nostra atmosfera e siano così origine dei nostri fiumi e de'nostri ghiacciai.

21. Se in una camera oscura chiudete gli occhi e premete coll' estremità del dito sulla palpebra, vi si manifesterà un circolo luminoso in corrispondenza del punto dove fate pressione; un colpo secco sull'occhio, dà invece l'impressione di un lampo di luce. C'è un nervo destinato alla vista che va dal cervello alla parte posteriore dell'occhio, dove si divide in esili filamenti, distribuiti in modo, da presentare una specie di cortina detta *retina*. La retina può venire eccitata in diversi modi, tanto da averne la sensazione di luce, come abbiam visto coll'azione meccanica e semplicissima di un colpo sull' occhio.

22. L'occhio sano non crea spontaneamente luce. Per destare il senso della vista, ci vuole qualche cosa che venga dal di fuori e che agisca sulla retina. Or cos'è questo qualcosa? In un modo o nell'altro i corpi luminosi hanno facoltà d'agire sulla retina — ma in *qual modo?*

23. Si è supposto per lungo tempo, che da questi corpi emanasse, con rapidità inconcepibile, una materia altrettanto inconcepibilmente tenue, la quale attraversando lo

Digitized by Google

spazio, passasse per i pori che si supponevano negli umori dell'occhio, giungesse alla retina e colpendola ne nascesse la sensazione della luce.

24. Questa teoria, sostenuta dai più grandi fisici e fra questi Newton, bastò a spiegare un gran numero di fenomeni della luce, ma non li spiegava *tutti*. Cresciuta l'abilità e il sapere degli sperimentatori, si rivelarono molti e molti fatti i quali non si potevano spiegare altrimenti, che coll'ammettere che la luce fosse prodotta, non già da materia tenuissima che attraversa lo spazio ed incontra la retina, bensì dall'urto di piccole onde contro la retina stessa.

25. Immergete un dito in un bacino d'acqua e movetelo rapidamente dentro e fuori l'acqua; dal punto di immersione del dito si diramano piccole ondulazioni che si propagano per l'acqua fino alle pareti del bacino; qui nel dito vibrante avete una fonte di agitazione, nell'acqua un veicolo pel quale si trasmette il moto del dito, avete infine le pareti del bacino che ricevono l'urto delle piccole onde.

26. Così, secondo la *teoria delle onde* luminose, avete la sorgente di agitazione nella vibrazione degli atomi o piccole particelle del corpo luminoso, il veicolo di trasmissione in una sostanza che si suppone occupi lo spazio e diffusa negli umori dell'occhio, e infine la retina che riceve gli urti successivi delle onde. La sensazione della luce sarebbe prodotta da questi urti.

27. Qui trattasi per la massima parte di supposizioni, di ipotesi. Gli atomi di un corpo luminoso e i loro movimenti non furono mai visti; nè il mezzo che trasmette questi movimenti, nè le onde di questo mezzo. Come s'è fatto dunque a supporre tutto questo?

Digitized by Google

28. Prima che tale idea mettesse radici nella mente umana, questa deve esser stata educata e predisposta, coll'osservazione e col calcolo dei movimenti ondulatorii ordinarii; bisognava sapesse il modo di formarsi e di propagarsi delle onde liquide e delle onde sonore; era necessario sopra tutto il sapere come mai le onde movendosi per lo stesso mezzo agiscono l'una sull'altra. Così educata, la mente era in grado di cogliere qualunque rassomiglianza si presentasse tra l'azione della luce e quella delle onde. Si affacciarono quindi grandi classi di fenomeni ottici i quali si potevano spiegare nel modo più completo e soddisfacente colla supposta teoria delle onde, e che non si potevano spiegare altrimenti. È appunto perchè con essa si riesce a spiegare tutti i fenomeni della luce, che la teoria delle onde viene in oggi generalmente accettata dalla scienza.

Eccovene un esempio. Ora si ammette che gli utensili di silice trovati di recente a profusione in Inghilterra ed altrove, sono stati fatti da uomini; si ammette che le Piramidi d'Egitto sono state costrutte da uomini, perchè l'esperienza c'insegna che nè gli utensili nè le Piramidi non possono esser state fatte che da uomini. Nello stesso modo dai fenomeni della luce noi deduciamo l'azione delle onde, perchè l'esperienza c'insegna che nessun altro agente potrebbe produrre questo fenomeno.

4. *Onde di calore che producono il vapore della nostra atmosfera e fanno fondere i nostri ghiacciai.*

29. Così vi ho esposto in via generale il concetto e le basi del concetto stesso, che considera la luce come pro-

Digitized by Google

dotto di movimento ondulatorio; ma possiamo innoltrarci e seguire questo concetto in alcuno de'suoi particolari. Tutti abbiam viste le onde dell'acqua e sappiamo come differiscano le une dalle altre per lunghezza e per altezza. Quando adunque vi si dicesse che gli atomi del sole e di quasi tutti gli altri corpi luminosi, vibrano con diversa velocità e con onde diverse, l'esperienza vostra sulle onde liquide, vi fornirà una nozione abbastanza chiara per capire quello che vi si dice.

30. Come abbiam detto, le onde luminose non si son mai viste ma, dagli effetti, giudichiamo la presenza, la posizione e la grandezza di esse. Così se ne poterono dedeterminare le lunghezze che variano da $\frac{1}{30,000}$ ad $\frac{1}{60,600}$ di pollice (da 8466 a 4233 diecimilionesimi di millimetro).

31. Ma oltre a quelle che producono luce, il sole emana una quantità di onde che non sono luminose. Le onde più grandi tramandate dal sole sono appunto non luminose, quantunque posseggano la più alta potenza calorifera.

32. Un raggio comune di sole è costituito da onde d'ogni sorta, ma si può *filtrare* il raggio di sole in modo da intercettare tutta la luce lasciando passare invece il calore oscuro. Si conoscono sostanze che sono intensamente opache per le onde luminose, e quasi perfettamente trasparenti per le altri. Si può d'altra parte con sostanze particolari intercettare quasi del tutto le sole onde di calore e non lasciar passare che le onde luminose. Quest'ultima separazione non è per altro così perfetta quanto la prima.

33. Impareremo fra poco il modo di distinguere l'una

Digitized by Google

classe di onde dalle altre, e dimostrare che le onde capaci di infiammare un corpo, di fondere un metallo o di scottare la mano, come un corpo solido incandescente, possono esistere in un ambiente perfettamente scuro.

34. Supponiamo adunque di intercettare in primo luogo le grandi onde calorifere lasciando passare solamente le onde luminose, le quali ultime si possono concentrare con lenti apposite e proiettare nell' acqua senza scaldarla in modo sensibile. Ora intercettiamo le onde luminose e concentriamo parimenti le grandi onde calorifere; possono far bollire l'acqua quasi all'istante.

35. Eccoci al punto al quale voleva condurvi e che non avreste potuto intendere senza le spiegazioni preliminari che vi ho date. Ora potete capire quale parte importante abbiano queste grandi onde oscure nel processo dell'evaporazione. Allorchè cadono sul mare, sui laghi, sui fiumi, vengono intercettate presso alla superficie delle acque, ne aumentano la temperatura e ne favoriscono l'evaporazione; intanto le onde luminose penetrano a grandi profondità attraversando le acque senza riscaldarle sensibilmente. Ond' è che l' evaporazione è prodotta, non solamente dal fuoco del sole ma da un elemento particolare di questo fuoco che voi forse ignoravate affatto.

36. Sono appunto queste stesse onde oscure quelle che cadendo sui ghiacciai delle Alpi fanno fondere il ghiaccio e danno origine a tutti i fiumi che partono dai ghiacciai; vi dimostrerò fra poco che le onde luminose, quand'anche concentrate al massimo, non riescono a fondere la più tenue brina, ancor meno poi a produrre l'immenso processo di liquefazione che si osserva sui ghiacciai.

37. Queste grandi onde oscure come pure le onde di ca-

Digitized by Google

lore che emanano da corpi caldi non luminosi chiamansi calore oscuro od invisibile.

Così abbiamo un'esempio del modo col quale si collegano fenomeni in apparenza remoti in questo meraviglioso sistema di cose che chiamasi Natura. Per studiare a fondo un fiocco di neve bisogna risalire indietro grado grado fino alla costituzione solare; ed è così per tutta la natura; ogni parte di essa sta in mutua dipendenza dell'altra, e lo studio completo di una qualunque di queste parti, comprende lo studio di tutte le altre.

5. *Esperimenti che provano quanto si è detto.*

38. Il calore che proviene da una sorgente qualunque non visibilmente rossa, non può essere concentrato in modo da produrre gli effetti intensi or ora accennati; onde produrli è necessario valersi del calore oscuro di un corpo spinto al massimo stato possibile di incandescenza; il sole è precisamente un corpo siffatto, e il calore oscuro di esso è pertanto assai proprio per esperienze di tal natura.

39. Ma nell'atmosfera di Londra e per esperienze come queste, è molto più comodo valersi delle onde di calorico emanate dal coke scaldato a bianco intenso da una corrente elettrica, piuttosto che valersi delle onde solari. La luce elettrica ha poi questo vantaggio, che l'irradiazione oscura di essa, abbraccia una proporzione di irradiazione totale, maggiore di quella del calore oscuro solare. Di fatti la forza e l'energia, per così dire, delle onde oscure della luce elettrica, è almeno sette volte più di quella delle onde luminose di essa. Nelle nostre dimostrazioni sperimentali adopereremo quindi la luce elettrica.

Digitized by Google

40. Da questa fonte di luce parte un raggio potente che attraversa questa camera, la traccia del quale ci è indicata dagli atomi sospesi nell'aria dell'ambiente; senza questi atomi non si vedrebbe il raggio. Questo cade su di uno specchio concavo (basta un vetro coll'amalgama di dietro) che lo concentra in un cono di raggi riflessi; l'apice luminoso del cono, che è il *foco* dello specchio, trovasi a quindici pollici circa (38 centimetri) dalla superficie riflettente. Segniamo diligentemente questo foco.

41. Ora collochiamo sul tragitto del raggio una sostanza perfettamente opaca; è jodio sciolto nel bisolfuro di carbonio; la luce al punto del foco svanisce all'istante tosto che si mette in posto la soluzione opaca; questa soluzione però è trasparentissima per le onde oscure, onde abolita la luce, resta nell'aria della camera un foco di tali onde. Colla mano potete percepire il calore di queste onde; fatele cadere su di un termometro avrete la prova della loro presenza; oppure meglio ancora potete fare in modo che sviluppino una corrente elettrica che fa deviare un ago magnetico, e l'angolo di deviazione misura l'intensità del calore.

42. Ora vediamo di rendere più intensa l'azione qui già sensibile, mediante una lampada più potente e con uno specchio migliore (argentato sulla faccia anteriore e con distanza focale minore). Come prima, il foco vedesi assai distintamente per gli atomi di polvere intensamente illuminati; filtriamo dapprima il raggio in modo da intercettare le onde oscure, permettendo poi alle onde puramente luminose di agire colla loro maggiore potenza su un po'di cotone fulminante collocato al foco.

43. Non se ne ha effetto alcuno; il cotone fulminante può

Digitized by Google

restare esposto per una settimana in questo foco senza accendersi. Ora lasciamo agire sul cotone il raggio non filtrato; se ne ottiene all'istante una fiamma esplosiva che dissipa il cotone. Questo esperimento dimostra che le onde luminose non sono capaci di far esplodere il cotone, ciò che posson fare le onde del raggio integro, così che possiamo concludere che le onde oscure sono i veri agenti dell'esplosione.

44. Ma questa conclusione non è che probabile; si potrebbe dire che la mescolanza delle onde oscure e di quelle luminose sia necessaria per ottenere questi risultati. Mediante la nostra soluzione opaca isoliamo le onde oscure e facciamole convergere sul cotone; questo esplode come prima.

45. Sono adunque le onde oscure e queste sole che hanno l'azione di far accendere il cotone.

46. Allo stesso foco oscuro possiamo scaldare a rosso vivo dei fogli di platino; il zinco abbrucia; la carta s'infiamma all'istante; un filo di magniesio abbrucia; arde un carbone posto in un recipiente che contenga ossigeno; un diamante posto nelle stesse condizioni scintilla come stella e a poco a poco si dissipa. Intanto *l'aria*, al foco, resta fresca come in tutto il resto della camera.

47. Per isolare le onde luminose facciamo uso di una soluzione limpida di allume in acqua; per isolare le oscure ci serviamo della soluzione di jodio già indicata. Ma come abbiamo detto (32) l'allume non è filtro così perfetto come l'jodio, perchè lascia passare una parte di calore oscuro.

48. Quantunque le onde luminose non possano come abbiam visto infiammare il cotone fulminante, abbruciano però la carta nera, e fanno anche esplodere il cotone

Digitized by Google

annerito. Il cotone bianco non assorbe la luce, e senza questo assorbimento non abbiamo riscaldamento; il cotone annerito assorbe la luce, si scalda ed esplode.

49. Nel nostro prossimo esperimento, invece di una soluzione di allume impiegheremo un vaso d'acqua pura, attraverso al quale la luce passa senza essere sensibilmente assorbita; al foco trovasi una pipetta che pure contiene acqua sulla quale si concentra tutta la forza della luce; le onde concentrate non riscaldano sensibilmente l'acqua. Ora togliamo il vaso d'acqua posto tra il foco e lo specchio; il raggio non mostra di subire cambiamento alcuno, ma l'acqua contenuta nella pipetta bolle.

50. Poichè le onde luminose non riescono a produrre alcun effetto, al contrario del raggio integro, possiamo dedurre che il processo di riscaldamento è fatto dalle onde oscure. Verifichiamo questa deduzione adoperando il filtro opaco di jodio; collocatolo sul tragitto del raggio, la luce resta interamente intercettata, ma l'acqua bolle lo stesso come quando era sotto l'azione del raggio integro.

51. Abbiamo così dimostrato la verità della conclusione stabilita al paragrafo 34.

52. Veniamo adesso al fondersi del ghiaccio. Sulla superficie esterna di una bottiglia che racchiude una mescolanza refrigerante si produce un denso strato di acqua ghiacciata. Fatto passare un raggio attraverso un vaso d'acqua, se ne concentrano le onde luminose sulla superficie della bottiglia; non si scioglie nemmeno un ago di ghiaccio; leviamo via il vaso d'acqua e in un istante vediamo fondersi un disco di crosta ghiacciata grande come una moneta. Siccome il raggio integro determina la fusione del ghiaccio, ciò che non fa la parte luminosa del

Digitized by Google

raggio stesso, dobbiamo attribuire questa fusione alla parte oscura.

53. Verifichiamo come prima questa deduzione, concentrando sulla bottiglia le sole onde oscure. Il ghiaccio si fonde precisamente come sotto l'azione del raggio integro.

54. Questi effetti diventano ancor più eloquenti tingendo coll' inchiostro la mescolanza refrigerante della bottiglia. Scioltosi lo strato di ghiaccio, il nero della superficie di sotto risalta in modo assai spiccato sul bianco niveo d'intorno. Se si annerisce la bottiglia invece della mescolanza rifrigerante, le onde puramente luminose sono assorbite dal vetro e lo scaldano, il vetro reagisce sulla crosta e questa si fonde. Ecco perchè si annerisce la mescolanza invece della bottiglia.

55. Questo esperimento dimostra la verità di quanto abbiamo detto al paragrafo 36, che cioè sono le onde oscure solari quelle che fanno fondere le nevi e i ghiacci delle montagne, dando così origine a tutti i fiumi che provengono dai ghiacciai.

Alcuni scrittori pare considerino la scienza come un aggregato di fatti, e dubitano quindi dell' efficacia di essa quale esercizio di ragionamenti; ma tutto quanto vi ho ora insegnato non è che risultato di raziocinio, appoggiato per altro sulla solida base dell' osservazione e dell' esperienza. Proseguiremo i nostri studii appunto con tale concetto.

§ 6. *Distillazione oceanica.*

56. Il sole, come sappiamo, non trovasi mai esattamente allo zenit in Inghilterra, ma all'equatore e fra certi li-

Digitized by Google

miti nord e sud di questa linea, il sole in certi periodi dell'anno trovasi a mezzogiorno precisamente allo zenit; questi limiti chiamansi Tropico del Cancro e Tropico del Capricorno. Sulla zona compresa fra questi due circoli cadono raggi del sole colla loro massima intensità, in direzione verticale, e scaldano così terra e mare più che non quando cadono obliquamente.

57. Quando i raggi verticali colpiscono la terra la riscaldano, e l'aria in contatto col suolo caldo si riscalda alla sua volta; l'aria riscaldata si espande, e quando si espande diventa leggera. L'aria più leggera ascende, come un pezzo di legno dal profondo dell'acqua, attraverso gli strati d'aria più pesanti sovrapposti.

58. Quando i raggi solari cadono sul mare, l'acqua si scalda, non però quanto la terra. L'acqua riscaldata si espande, diventa così più leggera e per tanto si mantiene alla superficie. Questo strato d'acqua superiore scalda fino a un certo punto l'aria in contatto con essa, ma svolge anche una certa quantità di vapore acqueo il quale, molto più leggero dell'aria, ajuta questa ad innalzarsi. E così dalla terra e dai mari partono delle correnti ascendenti per effetto dell'azione del sole.

59. Giunte ad una certa altezza nell'atmosfera queste correnti si dividono e vanno in parte verso il nord e in parte verso il sud; e intanto dal nord e dal sud partono correnti d'aria piu pesante e più fredda che prendono il posto dell'aria calda ascendente.

60. Così nell'atmosfera c'è una circolazione incessante. L'aria e il vapore equatoriali, formano una corrente superiore che si dirige verso i poli, mentre l'aria polare costituisce una corrente inferiore diretta all'equatore. Queste due correnti d'aria, chiamansi alizei superiori ed inferiori.

Digitized by Google

61. Ma innanzi ritornare dai poli l'aria deve subire grandi modificazioni. Partendo dalle regioni equatoriali l'aria era carica di vapore acqueo, che non può sussistere nelle regioni polari; colà precipita e cade qualche volta in pioggia, più di frequente in neve. Le terre vicine al polo sono coperte da questa neve che dà origine a vasti ghiacciai, nel modo che spiegheremo fra poco.

62. È necessario che vi facciate una chiara ed esatta idea di questo processo, poichè si son commessi grandi errori intorno al modo di concepire i rapporti tra ghiacciajo e calore solare.

63. Si è supposto che, diminuendo il calore solare, si produrebbero ghiacciai più vasti di quelli che esistono in oggi; ma il diminure del calore solare farebbe sicuramente scemare la quantità svolta di vapore acqueo, ciò che troncherebbe fin dall'origine il ghiacciajo. Con un esempio mi spiegherò ancora meglio.

64. Nel processo di distillazione ordinaria, il liquido che si vuole distillare viene scaldato e convertito in vapore in un vaso, poi raffreddato e ritornato allo stato liquido in un altro. Ora riesce chiaro che la terra e l'atmosfera intorno ad essa, costituiscono un vasto apparecchio di distillazione, l'oceano equatoriale terrebbe luogo di caldaja, e le regioni fredde dei poli, quello di condensatore. In questo processo di distillazione, il caldo è necessario quanto il freddo; e innanzi che il vescovo Heber potesse parlare delle *montagne di ghiaccio di Groenlandia*, l'oceano equatoriale doveva essere stato riscaldato dal sole. Più innanzi ritorneremo su questo argomento.

Digitized by Google

ESPERIMENTI ESPLICATIVI.

65. Ho detto che l'aria riscaldata si espande; ecco in qual modo potete verificarlo voi stessi. Prendete una bottigli vuota, chiudetela con un tappo, e attraverso al tappo fate passare un sottile tubo di vetro; riscaldando questo tubo con una lampada a spirito lo si piega all'ingiù, in modo che collocata la bottiglia in piedi, la bocca del tubo peschi in un vaso pieno d'acqua. Ora fate scorrere la fiamma della lampada sulle pareti della bottiglia; la fiamma scalda il vetro, il vetro scalda l'aria, l'aria si espande, precipita pel tubo e ne esce, attraversando l'acqua in forma di bolle l'una dietro l'altra.

66. Se quest'aria riscaldata fosse libera, si innalzerebbe nell'aria fredda e più pesante; fate in modo che un raggio di sole o di qualunque altra luce intensa cada su di un muro o su di un sipario bianco in una camera oscura, collocate sul tragitto del raggio un ferro arroventato, una fiamma di candela o di gaz; dal corpo in combustione s'innalza una corrente ascendente che attraversa il raggio luminoso, e l'azione dell'aria sulla luce è tale, da rendere chiaramente visibili sul sipario le ondulazioni della corrente d'aria. Quando l'aria è scaldata a sufficienza e quindi altrettanto più leggera, racchiusa in un sacco di carta, s'innalza sempre e porta seco il sacco; è il pallone Montgolfier o ad aria calda.

67. Piegate in forma di cono due fogli di carta delle stesse dimensioni, poi sospendete la punta di questi coni alle estremità delle due braccia di una bilancia di precisione, mettete in equilibrio i due coni, e portate per un

Digitized by Google

istante la fiamma di una lampada a spirito sotto la base aperta di uno dei coni; l'aria calda s'innalza dalla lampada e tosto solleva il cono che le sta sopra.

68. Introducete un po' di fumo sotto un vaso di vetro rovesciato, lasciate che l'aria lì dentro si calmi, poi mettete semplicemente la mano all'apertura del vaso; l'aria scaldata dalla mano eccita nel fumo delle sembianze d'uragani, effetto che si fa ancora più chiaro illuminando il fumo con una luce intensa.

69. L'aria dei tropici è riscaldata dal sole *indirettamente*. I raggi solari innalzano di poco assai la temperatura dell'aria che attraversano, ma scaldano la terra e l'oceano, i quali comunicano il loro calore all'aria che li lambe. L'aria e il vapore s'innalzano carichi del calore così comunicato.

§ 7. *Piogge tropicali.*

70. La condensazione avviene molto prima che l'aria e il vapore dell'equatore arrivino ai poli. Ogni volta che un vento umido e caldo si mescola ad un altro freddo e secco, piove. Infatti le piogge più fitte cadono nelle regioni sottoposte verticalmente al sole. Esaminiamo un po' più addentro l'origine di queste piogge.

71. Supponiamo di riempire una vescica, per circa due terzi, con aria raccolta al livello del mare, e di portarla poi sulla sommità del Monte Bianco. Nell'ascendere, la vescica si va sempre più distendendo, alla vetta della montagna è pienamente tesa e resiste manifestamente ad una pressione dal di dentro; discendendo ancora al livello del mare, questa tensione va scemando, fino a che la vescica ritorna flaccida come prima.

Digitized by Google

72. La spiegazione è facile. Al livello del mare, l'aria contenuta nella vescica, deve sopportare la pressione di tutta l'atmosfera, e resta quindi raccolta in volume relativamente piccolo; ascendendo la montagna, si lascia indietro mano mano uno strato dopo l'altro di atmosfera, la pressione scema, e l'aria in virtù della sua propria forza espansiva, fa gonfiare la vescica col diminuire della pressione esterna; sulla vetta, l'espansione tende la vescica, perchè la pressione dal di dentro supera in allora la pressione dal di fuori. Mediante una macchina pneumatica, si può dimostrare in qual modo si dilati un pallone riempito d'aria per metà, in un recipiente dal quale si sia tolta in parte la pressione esterna.

73. Perchè insisto su questo fatto? solamente per spiegarvi come, *l'aria libera*, riscaldata alla superficie della terra ed ascendente per la leggerezza così acquisita, debba espandersi sempre più a misura che si eleva nell'atmosfera.

74. Ed ora devo parlarvi di un fatto nuovo al quale vi ho preparati con quanto si è detto, ed è che: *L'aria che ascende si raffredda coll'espandersi.* Questo raffreddamento è anzi una fonte del freddo che regna nelle alte regioni atmosferiche. Ora fatevi a considerare queste correnti miste d'aria e di vapore acqueo che si sollevano dall'oceano tropicale caldo; partono cariche di quanto calore basta a mantenere il vapore allo stato di vapore; ma nell'ascendere arrivano a regioni già più fredde, più, queste correnti si raffreddano massimamente per la loro propria espansione. Se ne può fin d'ora prevedere le conseguenze. La massa di vapore si condensa in gran parte, si formano dense nubi, le particelle di queste si raccolgono in gocce

Digitized by Google

di pioggia, la quale poi discende ogni dì con tale profusione da giustificare la parola *torrenziali* con che si chiamano queste piogge. Potrei dimostrarvi questo raffreddarsi per espansione, ed il conseguente addensarsi di nubi.

75. Molto prima che l'aria dell'equatore giunga ai poli, perde gran parte di vapore, il quale è disceso ancora al suolo sotto forma di pioggia; nondimeno una quantità di vapore vien trascinato via, e questo poi va a formare la tempesta, la pioggia e la neve, delle regioni collocate al nord e al sud.

ESPERIMENTI ESPLICATIVI.

76. Abbiamo detto che l'aria espandendosi si raffredda, e lo si può provare in questo modo. Mediante una pompa da compressione, si spinge dell'aria in un recipiente di ferro fornito di un robinetto cui si fissa a vite la pompa, finchè la densità dell'aria nel recipiente sia raddoppiata o triplicata. Appena ottenuta questa condensazione, il termometro, convenientemente disposto prima, ci indica un aumento di temperatura del recipiente e dell'aria. Aprite il robinetto e lasciate sfuggire l'aria compressa; questa corrente, diretta sul termometro, segna una diminuzione di temperatura; con altri istrumenti questo raffreddarsi riesce più evidente; anche la mano sente il freddo dell'aria che si dilata.

77. Dirigete sulla corrente che esce dal recipiente una luce viva, per esempio un raggio concentrato di sole; se l'aria compressa è aria umida comune, il freddo che accompagna l'espandersi, determina la formazione di una piccola nube; fenomeno che riesce ancor più chiaro con questo esperimento:

Digitized by Google

78. In una camera oscura fate passare un raggio di viva luce attraverso un tubo di vetro lungo un metro e largo da 7 ad 8 centimetri, chiuso alle due estremità da placche di vetro, mettete questo tubo in comunicazione, mediante un robinetto, con un vaso di un quarto circa di capacità, nel quale sia stato fatto il vuoto; può servire benissimo il cilindro stesso della macchina pneumatica. Riempite il tubo di vetro d'aria umida, poi aprite semplicemente il robinetto che mette in comunicazione questo tubo col vaso vuoto; l'aria che trova spazio si espande, l'espandersi è accompagnato da raffreddamento e tosto il tubo si riempie di una nube densa e brillante. Questo esperimento fatto da ciascun di voi, manifesta la nube a luce di giorno solita; d'altronde il vuoto rapidamente ottenuto in qualunque recipiente pieno d'aria umida, produce questo fenomeno di addensamento.

79. Si possono così precipitare altri vapori oltre quello dell'acqua; alcuni poi danno nubi veramente splendenti con iridescenze, come vedesi qualche volta nelle nubi librantesi sulle Alpi.

80. In scienza ciò che è vero in piccolo lo è pure in grande. Così combinando le condizioni che si osservano in natura su larga scala, possiamo riprodurre, su scala più piccola, il fenomeno delle nubi atmosferiche.

§ 8. *Condensatori dei vapori nelle montagne.*

81. A fine di completare le nostre idee intorno al processo della precipitazione dei vapori atmosferici, dobbiamo pure considerare l'azione delle montagne. Supponiamo un vento sud-ovest che, attraverso l'Atlantico, soffii verso l'Ir-

Digitized by Google

landa; nel suo percorso si carica di vapore acqueo, al sud dell'Irlanda incontra i monti di Kerry, la cui vetta più alta chiamasi Magillicuddy's Reeks, presso Killarney. Ora lo strato inferiore di questo vento atlantico è il più carico di vapore; incontrando la base dei monti Kerry la corrente rimbalza e le sorpassa; il vapore di che è carica vien quindi portato più in alto, si espande verso la sommità, si raffredda dilatandosi, e ridiscende in acquazzone. Da qui la vegetazione lussureggiante di Killarney, da qui l'origine delle acque dei laghi vicini. Le vette ghiacciate dei monti contribuiscono pur esse al processo di addensamento.

82. Veniamo alle conseguenze. A Cahirciveen, città al sud-ovest dei Magillicuddy Reeks, si sono fatte osservazioni sulla quantità di pioggia caduta; osservazioni che furono pure ripetute molto più lungi al nord-est, precisamente sul percorso del vento di sud-ovest, in altra città detta Portarlington; prima di arrivare a quest'ultima città il vento passa sui monti di Kerry lasciando indietro una gran parte dell'umidità di che era carico. Che ne risulta? A Cahirciveen, secondo il Dr. Lloyd, si misurano 59 pollici di pioggia in un anno, e a Portarlington soli 21.

83. Può altresì succedere che si discenda dalle Alpi in Italia con pioggia e neve abbondanti e copiose, e che, giunti sul piano lombardo, trovisi il cielo azzurro, limpido e spazzato, mentre il vento *soffia dal piano verso le Alpi.* Al basso, il vento è tanto caldo da mantenere il vapore di che è carico in istato perfettamente trasparente, ma incontrando le montagne sale in alto, si espande e si raffredda; il raffreddamento è poi ajutato dal gelo delle alte vette. Ne segue che il vapore si addensa e pre-

Digitized by Google

cipita in pioggia o neve, e si ha cattivo tempo, mentre le pianure percorse dalla stessa aria sono ridenti del più splendido cielo. Le nubi che vengono *dalle* Alpi si sciolgono qualche volta sui piani lombardi.

84. Insieme al formarsi di nubi per effetto delle montagne, si può considerare qui un'altro fenomeno assai istruttivo. Vi accadrà spesso di vedere una striscia di nubi che, dipartendosi da un picco alpino, si prolunga per centinaja e centinaja di metri; la si direbbe perfettamente immobile, quantunque soffii intanto un vento violento sulla cima della montagna. Come mai la nube non viene portata via dal vento? Lo *è* infatti, e l'immobilità di essa non è che apparente; una delle estremità di questa striscia si va continuamente sciogliendo, l'altra si va continuamente rinnovando; il formarsi ed il distruggersi si compensano, e la nube ci sembra immota come la vetta da cui si diparte. Allorchè la rossa luce del sole che tramonta dardeggia su queste strisce di nube, esse rassomigliano a smisurate torce la cui fiamma sia piegata dal vento.

§ 9. *Architettura della neve.*

85. Supponiamo di aver asceso un picco assai ripido di dove godiamo la vista di un vasto prospetto. Edotti delle condizioni che sono necessarie perchè si produca la neve sulla montagna, possiamo considerare in modo sommario, e capire poi, i fenomeni dei ghiacciai.

86. Poche parole ancora sulla formazione della neve. Le molecole e gli atomi d'ogni sostanza, libere, si dispongono in forme definite e quasi sempre belle, dette cristalli. Il ferro, il rame, l'oro, l'argento, il piombo, lo zolfo, fusi

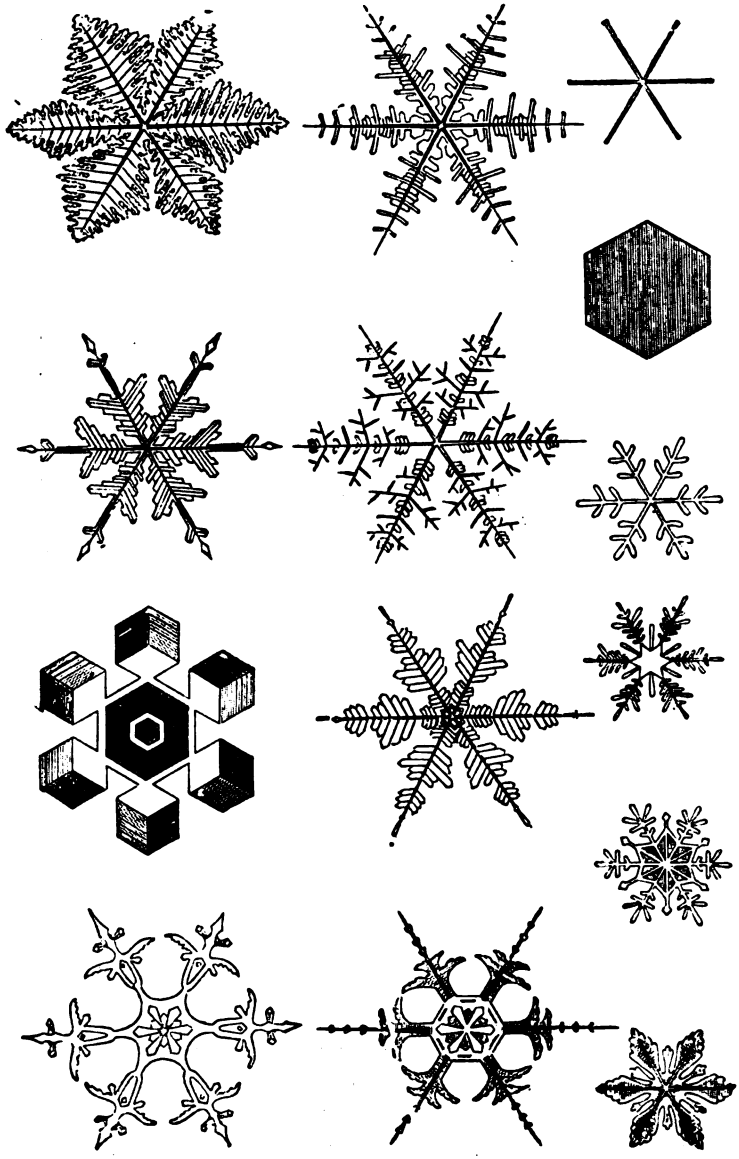
Digitized by Google

e lasciati raffreddare lentamente, manifestano tutti questa forza di cristallizzarsi; il metallo bismuto la spiega in modo assai singolare, e, fuso o lasciato solidificare in condizioni favorevoli, ne risultano dei grandi e bei cristalli spontanei.

87. Fate sciogliere del salnitro nell'acqua, lasciate evaporare lentamente la soluzione, e ne avrete dei grossi cristalli, poichè nessuna parte di sale si è convertita in vapore; l'acqua della nostra atmosfera è fresca e dolce quantunque derivi dal mare salato; lo zucchero sciolto nell'acqua, poi lasciato evaporare, lascia in residuo cristalli di zucchero candito; nello stesso modo cristallizza facilmente l'allume; la silice sciolta come qualche volta avviene in natura, residua, cristallizzandosi, prisma e piramidi di cristallo di rocca; la creta sciolta e cristallizzata dà lo spato d'Islanda; il diamante non è che carbonio cristallizzato; tutte le pietre preziose, il rubino, lo zaffiro, il berillo, il topazio, lo smeraldo, sono tutti esempi di tale cristallizzazione.

88. Vi è noto che la forza di gravità consiste nell'attrazione vicendevole di tutte le particelle di materia; sapete che è appunto questa attrazione che mantiene nelle loro rispettive orbite i pianeti e gli astri; la gravità non è che cosa semplicissima paragonata alla forza o per dir meglio alle forze di cristalizzazione; qui le ultime particelle di materia, piccole quanto difficilmente si può concepire, pare siano dotate di poli attraenti e ripulsivi, per la mutua azione dei quali si determina la forma e la struttura del cristallo. Allo stato solido i poli attraenti sono fissi fra di loro; ma coll'azione sufficiente del calore il nesso che li unisce si scioglie, e nello stato poi di fusione

Digitized by Google



CRISTALLI DELLA NEVE.

Digitized by Google

i poli vengono ad essere così separati, da trovarsi praticamente al di fuori della loro scambievole sfera d'azione; per tal modo resta neutralizzata la tendenza naturale che hanno le molecole a riunirsi fra di loro.

89. E così dell'acqua, che allo stato liquido ci si presenta senza forma alcuna; raffreddata quanto basta, le molecole che la compongono rientrano nella sfera della forza cristallizzante e si dispongono in forme singolarmente belle. Allorchè in una atmosfera calma si produce della neve, le molecole ghiacciate si dispongono in bellissime forme stellari a sei raggi; questo tipo resta invariabile, quantunque per altri rispetti la figura delle stelle invece sia svariato infinitamente. Il Dr. Scoresby osservò e diede molti disegni di queste forme squisite ch'egli osservò alle regioni polari. Io le ho viste a mezzo inverno riempire l'aria e coprire i pendii delle Alpi; le si possono vedere anche in Inghilterra, e meglio d'ogni mia insufficiente parola, ve ne daranno idee vive ed eloquenti i disegni qui uniti eseguiti a Greenwich dal signor Glaisher.

90. Qui non posso a meno di esortarvi a considerare il meraviglioso lavorio che si compie nell'atmosfera, ogni volta che si forma e cade la neve; quale stupenda facoltà di costruzione, e quanto ci sembrano imperfetti i prodotti della mente e della mano dell'uomo, paragonati a quelli delle forze cieche della natura!

91. Ma come dir cieche le forze della natura? Così parlando non facciamo che esprimere la nostra propria cecità che è in noi; quanto dovremmo realmente dire e confessare, è che le nostre facoltà sono affatto inette a capire l'origine o il fine degli operati della natura.

92. Mentre riconosciamo così i limiti del nostro sapere,

Digitized by Google

c'è da meravigliarsi quando si considera sin dove la scienza potè spingere lo studio della natura. Lungo i secoli, lungo le generazioni, si aggiunsero fatti a fatti, leggi a leggi, svelando così sempre più il vero metodo e l'ordine dell'universo; su questa via la scienza dovette combattere e vincere forme molteplici di superstizione, di errore, di credulità, di impostura, ma il mondo produce senza posa menti deboli e menti maligne; fin tanto che queste perdureranno le une accanto alle altre, come avviene in questi nostri giorni, il mondo sarà infestato dagli errori i più grossolani.

§ 10. *Poli degli atomi.*

93. Che cosa intesi dire quando parlai (88) di poli attraenti e ripulsivi? Ognuno sa che gli astronomi ed i geografi parlano dei poli della terra; vi è noto che i poli di una calamita sono i punti dove trovasi, per così dire, concentrata l'attrazione e la ripulsione della calamita.

94. Ogni calamita ha due poli; se si cosparge di limatura di ferro una calamita, ciascuna particella della limatura acquista due poli; supponiamo che alcune di queste particelle, sfornite di peso, voleggino nell'atmosfera; che accadrà quando una di esse si avvicina all'altra? Manifestamente i poli ripulsivi le spingono una lontano dall'altra, mentre i poli attraenti le attireranno e finiranno col saldarle assieme. Ora supponete che le particelle, invece di un sol pajo posseggano diverse paja di poli disposti in dati punti sulla superficie loro; vi potete quindi immaginare queste particelle obbedienti alle loro mutue attrazioni e ripulsioni, distribuirsi fra di loro in modo da formare masse di forma e di struttura definite.

Digitized by Google

95. Immaginate che le molecole di acqua, nell'aria fredda e calma, siano dotate di tal sorta di poli da obbligare le particelle ad unirsi fra loro con un ordine definito, ed avrete l'immagine dell'architettura invisibile che produce in fine i visibili e bei cristalli della neve. Così le nostre prime nozioni e il concetto di poli, ci viene dall'occhio che osserva gli effetti del magnetismo; di là noi trasferiamo queste nozioni e questi concetti a particelle che l'occhio non ha mai viste. La facoltà colla quale ci rappresentiamo effetti al di là del campo dei sensi, chiamasi dai filosofi imaginazione, e lo sforzo che fa la mente nostra per figurarsi la non mai vista architettura dei cristalli, è un esempio dell'uso scientifico di questa facoltà. Senza imaginazione possiamo avere facoltà *critica* in scienza, ma non già facoltà *creatrice*.

§ 11. *Struttura del ghiaccio dei laghi.*

96. Ora noi sappiamo come si formino i fiori della neve che si vanno costruendo colle molecole d'acqua nell'aria calda e fredda. Le molecole spiegano esse questa facoltà architettonica quando si congela l'acqua ordinaria? Qual'è, per esempio, la struttura del ghiaccio sul quale sdrucciolliamo nell'inverno? Altrettanto meravigliosa quanto quella dei fiori della neve. Questa osservazione è rara se non nuova, ed io ho visto nell'acqua che si congela lentamente, formarsi delle stelle di ghiaccio a sei raggi, le quali poi galeggiano libere alla superficie. La stella a sei raggi è poi il tipo di struttura del ghiaccio dei nostri laghi, che è costituito da tali corpi raggruppati e disposti in modo meraviglioso.

Digitized by Google

97. Ponete una lastra di ghiaccio tolta da un lago sul tragitto di un raggio concentrato di sole, ed osservate come si comporta il raggio nel passare attraverso al ghiaccio; una parte di questo raggio viene trattenuta, un'altra parte attraversa la lastra; la prima determina una liquefazione interna, la seconda non ha effetto alcuno sul ghiaccio. La liquefazione però non è uniformemente diffusa; qua e là sul ghiaccio si vedono brillare diversi punti distinti, e ciascuno di questi punti è circondato da un tal fiore liquido a sei petali.

98. Il ghiaccio e l'acqua sono forniti di proprietà ottiche tanto simili, che se la luce non cade su questi fiori in modo conveniente, non li potete distinguere. E cos'è il punto centrale? Un vacuo. Il ghiaccio galleggia sull'acqua perchè ad egual volume è più leggiero dell'acqua, tanto che il ghiaccio fondendosi, diminuisce di volume. Possono allora i fiori liquidi occupare tutto lo spazio del ghiaccio fuso? No di certo. Tra i fiori si forma un piccol spazio vuoto, e questo spazio, o meglio la superficie di esso, brilla al sole come lucido argento.

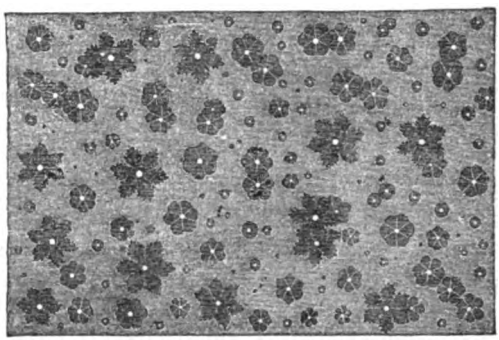
99. I fiori si dispongono sempre paralleli alla superficie di congelamento; si formano allorchè il sole brilla sul ghiaccio di un lago, qualche volta a miriadi e tanto piccoli, da non poterli distinguere senza lente; si possono sempre riscontrare, ma la bellezza loro è spesso alterata dai difetti interni del ghiaccio; li trovate distintissimi in una parte dello stesso pezzo di ghiaccio, imperfetti e mal costrutti in un'altra.

100. La tavola qui unita vi dà uno schizzo di queste belle figure.

101. Abbiamo qui l'opposto del processo di cristallizza-

Digitized by Google

zione. Il raggio solare di che ci serviamo, è tanto delicato da separare le molecole senza scomporne l'ordine architettonico. Ciascuno può ripetere questo esperimento con una lente in un bel giorno di sole; troverete che i fiori non sono confusi, ma paralleli alla superficie di congelamento. Questo è il processo squisito col quale si forma ogni frammento di ghiaccio sul quale sdruccioliamo.



FIORI LIQUIDI NEL GHIACCIO DI LAGO.

102. Ho detto (97) che una porzione del raggio di sole veniva troncata dal ghiaccio, liquefacendolo. Questa porzione è il calore oscuro del raggio solare. La grande massa delle onde luminose ed in parte anche delle oscure, passa attraverso il ghiaccio senza perdere alcun che di potenza calorifera; queste onde, convenientemente concentrate su corpi combustibili, raccolte anche al di là di un sipario di ghiaccio, spiegano ancora la loro potenza calorifera.

103. Il ghiaccio stesso può esser atto a concentrarle. Il Dr. Scoresby riuscì spesso, nelle regioni polari, a concentrare con una lente di ghiaccio i raggi del sole, in

Digitized by Google

modo da abbruciare il legno, accendere la polvere e fondere il piombo, dimostrando così che i raggi mantengono la loro facoltà calorifera anche quando abbiano oltrepassata una sostanza tanto fredda.

104. Se si rendono paralleli i raggi di una lampada elettrica, facendoli poi passare attraverso una lente di ghiaccio, possiamo ottenere tutti gli effetti che ottenne il Dr. Scoresby coi raggi del sole.

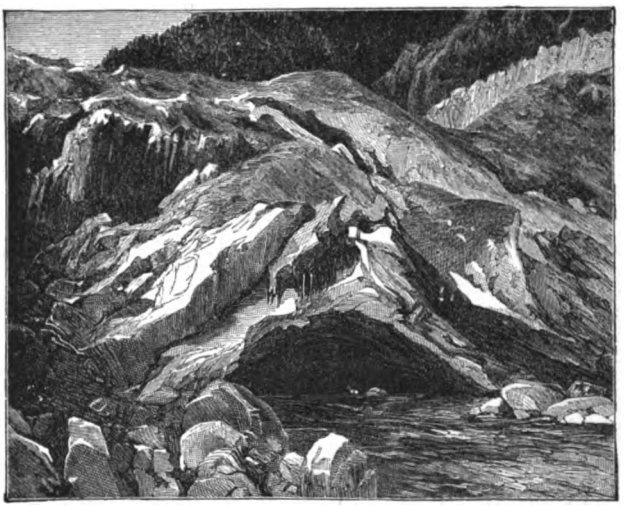
§ 12. *La sorgente dell' Arveiron. Pinnacoli di ghiaccio, torri e crepacci del ghiacciajo des Bois. Passaggio al Montanvert.*

105. I nostri studii preparatorii sono per ora finiti, onde possiamo accingerci a considerare le Alpi. Attraverso il villaggio di Chamouni in Savoja, scorre un fiume detto Arve; rimontiamolo da Chamouni in su. A poca distanza dal villaggio il fiume si divide, un braccio serba il nome di Arve, l'altro chiamasi Arveiron; seguendo quest'ultimo si arriva a un sito detto la sorgente dell'Arveiron, a una breve ora di cammino da Chamouni. Qui come nel caso del Rodano di cui già parlammo, vi trovate in faccia ad un' enorme massa di ghiaccio, che è il limite del ghiacciajo, e da un arco praticato nel ghiaccio stesso, sgorga l'Arveiron. Non fidatevi di penetrare sotto l'arco nell'estate, le pareti si rompono di tratto in tratto con enorme fracasso e schiaccerebbero certo chiunque vi fosse sotto.

106. Gettando intorno uno sguardo, vediamo, sul davanti del ghiaccio, degli ammassi e dei macigni disposti in ranghi più o meno concentrici; sono queste le *morene terminali* del ghiacciajo; le esamineremo più tardi.

Digitized by Google

107. Prendiamo a sinistra ed ascendiamo il pendio a lato del ghiacciajo; mano mano ci eleviamo, la vista ci si apre dinnanzi e troviamo che qui il ghiacciajo occupa tutta una stretta vallata. Raggiungiamo un'altra cresta singolare, composta non di frantumi recenti come quelli che abbiamo visto più in basso, ma coperta in parte d'alberi e vecchia in apparenza quanto le colline. Qui troviamo un fatto



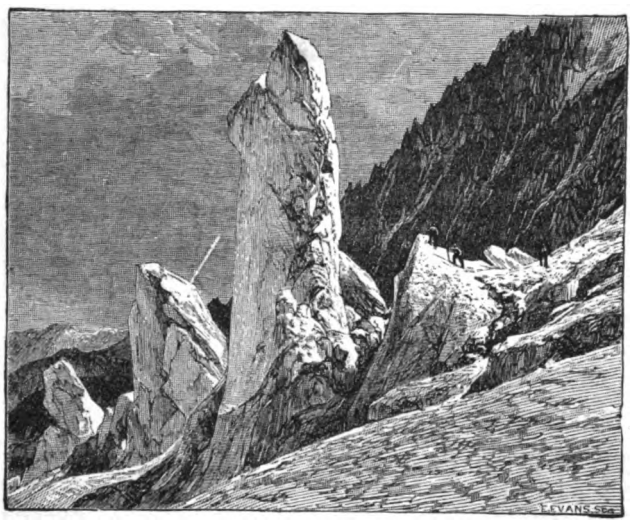
SORGENTE DELL'ARVEIRON.

eloquente; tosto ci facciamo persuasi che la cresta è un' antica morena, e concludiamo che il ghiacciajo, ad un epoca antica di sua esistenza, era assai più vasto di quanto lo sia ora; questa antica morena si stende precisamente a traverso tutta la vallata e finisce contro le montagne del lato opposto.

108. Oltrepassata l'estremità del ghiacciajo cosparsa di

Digitized by Google

pietre e di rottami, ci troviamo presso ad un immenso ammasso di ghiaccio; il ghiacciajo discende per una ripida gola, e lungo il cammino si fende e si rompe nel modo il più straordinario, forma torri, pinnacoli e figure fantastiche, lavorate dalla lunga azione del tempo e che sembrerebbero sculture grossolane; da alcuni crepacci



PINNACOLI DI GHIACCIO.

nel ghiacciajo esce un filo di luce; di tempo in tempo s'ode un rumoreggiare come di tuono, prodotto dal crollare di qualche torre di ghiaccio o da qualche enorme pietra che precipita in un crepaccio; il ghiacciajo serba questo aspetto selvaggio e tormentato fino ad una certa distanza, e il più ardito montanaro non riescirebbe a valicarlo senza pericolo.

Digitized by Google

109. Si giunge più in là a un sito detto Chapeau, dove c'è da riposare e rinfrescarsi in una piccola capanna. Poi troviamo il Mauvais Pas, roccia a picco nella parete della quale s'intagliarono degli scalini, poi s'infisse una corda tutto il lungo, per diminuire il pericolo del passo. Pur ci avanziamo sempre, ora lungo il fianco della montagna, ora lungo una cresta di aspetto singolarmente artificiale, ed è una *morena laterale*; alla fine scorgiamo davanti a noi una casa in cima ad un'eminenza dal lato opposto del ghiacciajo; è l'albergo del Montanvert, noto a tutti che hanno fatto questa gita.

110. Qui attraversiamo il ghiacciajo. Avrei dovuto dirvi che la parte inferiore di esso, compreso il tratto tormentato del quale parlammo, chiamasi il ghiacciajo des Bois, mentre la parte che stiamo per attraversare, è il principio della Mer de Glace; capirete che questo termine non è il più conveniente, perchè il ghiacciajo in questo punto, rassomiglia ad un *fiume* di ghiaccio piuttosto che ad un mare; occupa una valle larga un mezzo miglia circa.

111. Nel punto pel quale noi entriamo si può trovare il ghiaccio frastagliato, ma colle necessarie precauzioni non è difficile attraversare questa parte della Mer de Glace. Le spaccature e gli abissi che si incontrano nel ghiaccio, chiamansi *crevasses*, i crepacci; li ritroveremo fra poco su più ampia scala.

112. Scorrete collo sguardo questo lato del ghiacciajo; è assai frastagliato, ma tosto che ci avanziamo i crepacci diminuiscono, tanto che dall'altro lato ne troveremo pochissimi; ricordatevi di questo fatto. Dapprima il ghiaccio è sporco, poi le materie terrose spariscono, e vi trovate tosto sulla superficie netta e increspata del ghiaccio. Vi ho

Digitized by Google

MER DE GLACE, IL MONT TACUL E LA GRANDE JORASSE, COLLA NOSTRA STAZIONE A DESTRA AL DI SOPRA DI TRÉLAPORTE.

Digitized by Google

gia fatto notare che il ghiaccio netto è bianco, e che a una certa distanza lo si direbbe piuttosto neve; questo dipende dal rompersi dello strato superficiale per azione del calore solare; il sal gemma trasparente, polverizzato, è bianco come il sal comune da tavola; così pure il ghiaccio pare tanto bianco a motivo delle minute screpolature della superficie del ghiacciajo per l'azione dei raggi solari; all'*interno* del ghiacciajo il ghiaccio è trasparente. Dopo un tratto di cammino esilarante, giungiamo alla morena laterale opposta, poi ascendiamo il ripido pendio che ci mena all'albergo di Montanvert.

§ 13. *La Mer de Glace e le sue sorgenti. Nostra prima ascesa alla stazione del Crepaccio.*

113. Qui ci si presenta una vista veramente grandiosa. Al di là del ghiacciajo la bella piramide detta Aiguille du Dru (vedi il frontispizio); a destra l'Aiguille des Charmoz dagli acuti pinnacoli piegati come fossero duttili. Alla sommità del ghiacciajo la vista è circoscritta dalle grandi vette chiamate La Grande Jorasse, alta 14,000 piedi circa (4300 metri a un dipresso). Ora il nostro scopo, sarebbe di addentrarci nel cuore delle montagne, e risalire fino all'origine lo stupendo fiume gelato che abbiamo attraversato or ora.

114. Partendo da Montanvert, lasciando in basso il ghiacciajo a sinistra, arriviamo in breve ad alcune rocce che rassomigliano al Mauvais Pas, e si chiamano les Ponts; le oltrepassiamo, e si giunge a un altro sito detto l'Angle, dove abbandoniamo la terra e ci incamminiamo sul ghiaccio. Rimontiamo il ghiacciajo, ma prima di arri-

Digitized by Google

vare al promontorio detto Trélaporte, si riprende il fianco della montagna, poichè quantunque si sia qui abbandonato il passo perchè non sicuro, siamo pronti però ad incontrare qualche pericolo allo scopo di istruirci. Sulla costa che ci sta a destra giace un piccolo ghiacciajo; si vedono uno o due enormi massi posti in equilibrio all'estremità del ghiacciajo, e se si dà il caso fortunato, possiamo assistere allo spettacolo d'uno di questi massi che si svincola e precipita con violenza giù per la china; per andarne salvi basta la presenza di spirito, ciò che manca spesso ai viaggiatori, ed è per questo che si abbandonò il sentiero che menava a questa china; la costa è ingombra di massi rocciosi che provengono da questo piccolo ghiacciajo; prendetene nota che ne riparleremo più in particolare fra poco.

115. Al di sopra di Trélaporte, a destra, vedesi nelle rocce una fenditura assai singolare, in mezzo alla quale sta un pilastro isolato, scolpito dall'azione del tempo. Ora ci indirizziamo alla torre di rocce che sta alla sinistra di questa fessura, e di là si gode una stupenda vista della Mer de Glace e delle sue sorgenti.

116. Nella tavola qui unita che rappresenta la veduta della Mer de Glace, vedete sulla destra, questa fessura col pilastro; al di sotto il piccolo ghiacciajo.

117. Si può ascendere a questa fessura per un ripido borrone, che si vede dal punto dove stiamo e che sbocca precisamente alla fessura; codesti sentieri però o corritoi, sono assai pericolosi, perchè sono percorsi dalle pietre che cadono dalle alture; prenderemo adunque la via lungo le rocce a sinistra del sentiero, avendo cura di assicurarci coll'occhio dei punti accessibili e procedere così.

Digitized by Google

Nelle Alpi, come altrove, si possono superare difficoltà meravigliose, quando si riesca a considerarle con fermezza ed abbordarle da quel punto che risulta più accessibile. Per tal modo arriviamo alla nostra stazione, dove la grandiosità dello spettacolo e quanto impariamo a colpo d'occhio sulla formazione della Mer de Glace, ci compensano largamente delle fatiche della rapida ascesa.

118. Al di sotto di noi vediamo il ghiacciajo che stende la sua lingua di ghiaccio, giù oltre Montanvert; il ghiacciajo si suddivide in tre rami, due dei quali più vasti di questo che abbiamo considerato. Il braccio destro, il Glacier du Géant, si estende assai lungi con superficie unita, dirigendosi all'insù, poi questa superficie si fa accidentata sino a che si converte in una immensa cascata gelata, dalla quale pare che il ghiaccio si precipiti in selvaggia confusione. Al di sopra della cascata brilla un piano di neve che si estende per un'area di qualche miglio quadrato.

§ 14. *Cascata di ghiaccio e nevi del Col du Géant.*

119. Invece di salire l'altura ove ci troviamo ora, avremmo potuto camminare sulla Mer de Glace, girare il promontorio di Trélaporte e rimontare il Glacier du Géant, sempre sul ghiaccio fino ai piedi della cascata; questo ghiaccio è meno compatto di quello che abbiam trovato più in basso, ma pure non si può a meno di dirlo ghiaccio.

120. Avvicinandosi alla cascata, la superficie liscia ed unita del ghiacciajo si modifica sempre più; si fanno sempre più vicine le une alle altre le creste trasversali; il ghiaccio si presenta sempre più sossopra e screpolato;

Digitized by Google

camminiamo per tortuosi borroni, valichiamo enormi dighe di ghiaccio e ascendiamo cautamente creste poco solide fra crepacci a destra ed a sinistra; la confusione va aumentando, finchè diventa impossibile l'avanzarsi più oltre verso il centro del ghiacciajo.

121. Però coll'ajuto di un'ascia, praticando dei passi nelle più ripide muraglie di ghiaccio, si può, appoggiando ora a destra ed ora a sinistra del ghiacciajo, salire fino alla sommità della cresta. Se si rimonta a destra, bisogna guardarsi delle valanghe di ghiaccio che qualche volta precipitano con fragore di tuono, e a sinistra, dalle pietre che si staccano dall'Aiguille Noire. Oltrepassata la cascata, bisogna evitare per un certo tratto i crepacci; però, colla dovuta cautela, si possono evitare e qualche volta oltrepassare, su ponti di neve. Qui è necessario mettere in campo la destrezza e le risorse che non si acquistano che per lunga pratica, qui torna utile la corda quale si usa nelle Alpi; i ponti di neve non solo sono spesso fragili, ma tutto un crepaccio certe volte ne è coperto, tanto che il viaggiatore non se ne accorge che dalla neve che gli manca sotto i piedi; molti sono così periti, ed alcuni anzi di recente.

122. Giunti sulla piattaforma che domina la cascata di ghiaccio, trovasi che la superficie è affatto cambiata; in basso si camminava sul ghiaccio, qui ci troviamo sulla neve. Dopo un lungo ma dolce pendio, arriviamo a una depressione della cresta che limita il piano di neve lassù, e collo sguardo possiamo contemplare l'Italia; eccoci sul famoso Col du Géant.

123. Certo non furono viaggiatori indolenti i primi che ci fecero conoscere questi selvaggi recessi; non fu il de-

Digitized by Google

siderio di salute che spinge alcuni, nè quello dei grandiosi spettacoli che spinge altri, nè l'ambizione di poter dire d'aver valicato un passo difficile, come è di molti; fu l'amore del *sapere*, che trasse fin qui i primi esploratori; su questo colle, il celebre De Saussure, soffermò dieciassette giorni per scientifiche osservazioni.

§ 15. *Cosa c' insegnano i ghiacciai.*

124. Ora vi prego di considerare i fatti che ci offre ad esame questa nostra escursione. La neve sulla quale viaggiammo or ora col pensiero, è la neve dell'inverno e della primavera scorsi; se nell'ultimo mese di agosto avessimo posto un segno qualunque sulla superficie della neve, lo troveremmo adesso, in quest'altro agosto, ad una certa profondità. Il sole d'estate ha pur sciolto una parte di neve, ma ne resta ancora una buona parte, e resterà finchè la neve del venturo inverno vi stenderà sopra il suo lenzuolo; questo alla sua volta si conserverà in parte fino al veniente agosto, poi si ripete lo stesso fatto, e la neve del prossimo inverno copre quel che resta. Così ci troviamo in faccia alla conclusione, che in cima al Col du Géant, *la quantità di neve che cade in un anno eccede la quantità di quella che si scioglie.*

125. Se fossimo qui venuti in aprile o in maggio, avremmo trovato il ghiacciajo ai piedi della cascata, pur esso coperto di neve, la quale ora è scomparsa pei calori dell'estate; anzi il ghiaccio colà si fonde manifestamente, e si formano così dei ruscelli che si scavano il letto nel ghiaccio stesso, e si spandono qua e là in piccoli laghi verdo-azzurri. Altra conclusione certa, che ai piedi della

Digitized by Google

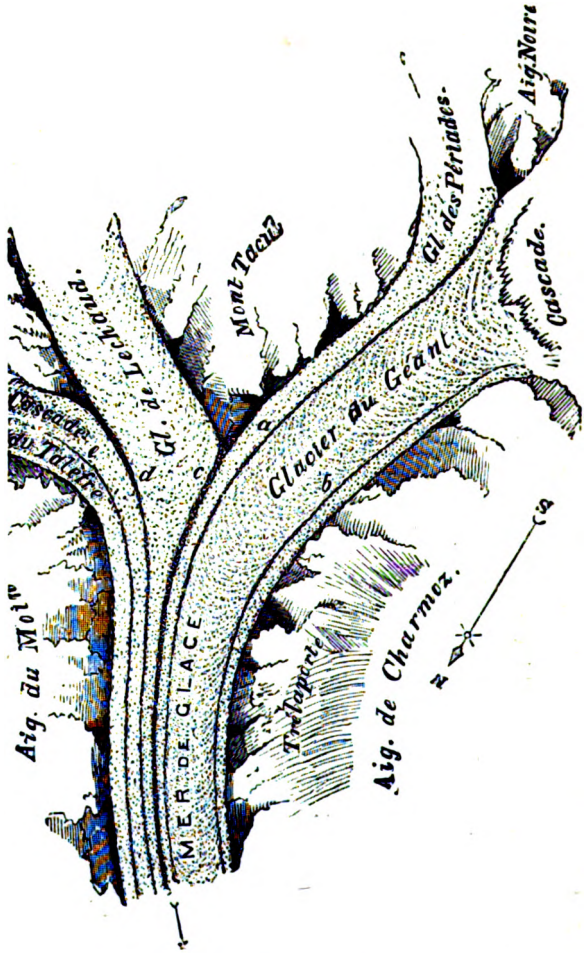
cascata, *la quantità di materiale gelato che cade sul ghiacciajo è minore della quantità che si fonde.*

126. Da qui un'altra conclusione: fra il ghiacciajo che sta al di sotto della cascata e la piattaforma al di sopra, ci deve essere una linea dove la quantità di neve che cade, *è assolutamente eguale* alla quantità che si fonde ogni anno. È questa la *linea della neve.* Su alcuni ghiacciai è distintissima, e lo sarebbe anche qui se il ghiaccio fosse meno frastagliato di quello che è.

127. Si dà il nome francese di *névé,* alla regione ghiacciata che sta al di sopra della linea di neve, e si limita l'espressione di *glacier* alla regione di ghiaccio che trovasi al di sotto. Le nevi del Col du Géant costituiscono il névé del Glacier du Géant, ed in parte il névé della Mer de Glace.

128. Ma se ogni anno resta così un residuo di neve sulla piattaforma del Col du Géant, ne segue necessariamente che questa piattaforma dev'essere ogni anno più alta, *purchè la neve vi resti.* E certo altresì che il ghiacciajo al di sopra della cascata, deve in tutta la sua lunghezza abbassarsi a poco a poco, se *le perdite* del fondersi d'ogni anno non vengono riparate. Supponiamo che ogni anno restino sul Col due piedi di neve; in cinque mila anni, si avrebbe un'altezza assai superiore a quella del Monte Bianco; si avrebbe tale ammasso, qualora la neve restasse sul Col; ma questo ammasso *non* si verifica, la neve quindi non vi resta. Ora si domanda cosa ne succede.

Digitized by Google



PIANO DELLA MER DE GLACE COLLE MORENE *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Digitized by Google

§ 16. *Ramificazioni e morene medie della Mer de Glace dalla stazione della fessura.*

129. Di questo ci occuperemo fra poco. Intanto gettiamo uno sguardo sulla valle di ghiaccio che ci sta davanti, che si estende fra il Mont Tacul e l'Aiguille de Léchaud fino alla base della gran cresta detta Grande Jorasse; è questo il Glacier de Léchaud; esso riceve alla sua parte superiore le nevi della Jorasse e del Mont Mallet, e si unisce al Glacer du Géant al promontorio del Tacul; i ghiacciai sembrano saldati fra di loro dove si uniscono, ma continuano distinti; sul loro mezzo si distingue chiaramente una striscia di frantumi *c* (vedi il piano qui unito); in *a* vedete una striscia simile, quantunque più piccola, dal punto di unione del Glacier du Géant col Glacier des Périades ai piedi dell' Aiguille Noir, e la potete seguire lungo la Mer de Glace.

130. A sinistra, vediamo un' altro ghiacciajo o parte di esso, che pare caschi in frammenti staccati lungo una stretta gola (cascata del Talèfre), si unisce al Léchaud, e dal loro punto di unione parte una striscia di frantumi *d*, che discende lungo la Mer de Glace; più lungi troviamo un' altra striscia *e*, che pare incominci al piede della cascata di ghiaccio e nasca per così dire dal ghiacciajo stesso; più lungi ancora, troviamo la morena laterale della Mer de Glace.

131. Queste strisce sono le *morene medie* della Mer de Glace; fra poco ne riparleremo.

132. Ed ora, fatte queste osservazioni, percorriamo collo sguardo lo spettacolo grandioso, i picchi spezzati, le creste

Digitized by Google

frastagliate, gli estesi piani di neve, i piccoli ghiacciai giacenti sulle vette, l'azzurro del cielo e le nubi che lo solcano; è uno spettacolo che ci compensa della fatica incontrata per goderla; il diletto che ce ne viene è maggiore, quando si pensa che qui non venimmo solo per questo, ma altresì per istruirci e per studiare il ghiacciajo, e la scena che si presenta agli occhi attoniti, non è che un incidente nel nostro lavoro. E così è la vita, senza onesto lavoro nessuna vera gioja.

§ 17. *Il Taléfre e il Jardin. Cammino fra i crepacci.*

133. Ed ora discendiamo alla Mer de Glace, poichè voglio guidarvi attraverso il ghiacciajo fino a quella cascata di ghiaccio della quale non abbiamo ancor vista l'origine; indirizziamoci al lato più lontano del ghiacciajo, attraversando per questo quelle oscure strisce di frammenti che osservavamo dalle alture. Di là queste morene ci sembravano piatte, ora ci si presentano come creste di pietre e di rottami dell'altezza di venti a trenta piedi.

134. Abbandoniamo il ghiaccio a un sito detto il Couvercle, e giriamo questo promontorio, sempre salendo; sdruccioliamo lungo gli Égralets, sorta di scala naturale nella roccia, e poco dopo ci troviamo davanti alla cascata di ghiaccio della quale volevamo scoprire l'origine. Qui il ghiaccio è rotto, vediamo torri e pinnacoli, alcuni quà eretti, là pendenti, e può darsi il caso fortunato di vederne crollare come sul Glacier des Bois; sonvi altresì dei crepacci dai quali emana una debole luce azzurra. Lasciando la cascata a dritta, seguitiamo la nostra ascesa, e alla fine ci si presenta alla vista un vasto bacino di ghiacciai

Digitized by Google

quasi orizzontale, in mezzo al quale sta un'isola solitaria circondata di ghiaccio. Eccoci al margine del Glacier du Talèfre, che si connette colla cascata di ghiaccio che abbiamo oltrepassata, il ghiacciajo è circondato da creste rocciose frastagliate a guisa di denti, ed è fiancheggiato da neve solcata dai macigni che cadono.

135. Attraversiamo il bacino per recarsi all'isola centrale, e toccandola, ci troviamo fra erbe e fiori; è questo il tanto vantato Jardin. La parte superiore del Jardin è nuda roccia; lì presso sorge l'Aiguille Verte, uno dei più bei picchi di questa parte delle Alpi; è alto da tredici a quattordici mila piedi (4000 metri circa), lungo il pendio del quale precipitano continuamente fragorose valanghe ad ogni nuova nevicata. Da una delle projezioni di esso, parte una morena che discende lungo il Talèfre, un'altra morena simile si prolunga dal Jardin; ambedue continuano l'una a lato dell'altra fino alla cima della cascata di ghiaccio, e là si perdono nei crepacci; ai piedi della cascata si tornano a vedere come se nascessero dal corpo del ghiacciajo, poi in seguito si prolungano lungo la Mer de Glace.

136. Ora seguiamo la morena del Jardin, dirigendoci a valle verso la cascata di ghiaccio; per qualche tratto si cammina comodamente, e le screpolature che ci si presentano non ci sono di ostacolo, ma a poco a poco i crepacci si fanno più larghi e pericolosi, susseguendosi così da presso da lasciare appena quel che diremmo dei muri di ghiaccio fra l'uno e l'altro; qui ci vuole piede sicuro, un passo falso è la morte. Verso la cascata, la confusione delle muraglie, dei massi di ghiaccio e dei crepacci al di sotto va aumentando, finchè la prudenza e la ragione c'inpongono di fermarci. Possiamo piegare a destra od a si-

Digitized by Google

nistra, seguendo le creste di ghiaccio fiancheggiate da precipizi, ed arrivare ad una delle due morene laterali del ghiacciajo, la destra o la sinistra.

§ 18. *Movimento dei ghiacciai. Emengenza dei corpi seppelliti in un crepaccio.*

137. Cosa sono queste morene laterali? Più si percorrono i ghiacciai, meglio e più facilmente se ne comprende l'origine. Di quando in quando vedonsi macigni e frammenti che cadono lungo il pendio della montagna, il ghiaccio li ferma, restano lungo il margine del ghiacciajo, e ci si fa tosto evidente, che questa è la sorgente delle morene laterali.

138. Come spiegare le morene mediane? Come mai i frantumi si dispongono sul ghiacciajo in strisce di qualche centinajo di metri dal magine di esso, lasciando libero lo spazio fra di loro e il margine del ghiacciajo? Alcuni hanno supposto che queste pietre hanno rotolato sul ghiacciajo dai margini di esso, supposizione che non regge all'esame. Ricordiamoci quanto abbiamo detto intorno all'eccesso di neve che cade al di sopra della linea di neve; allora abbiamo mossa la domanda: come si dispone la neve? Può darsi che la massa intera si muova lentamente discendendo? Se fosse così, le morene laterali verrebbero trasportate sul ghiaccio sul quale stanno, e quando due braccia di ghiacciajo si uniscono, dovrebbero mettere assieme le loro morene laterali adjacenti, e si formerebbe così una morena mediana sul tronco del ghiacciajo.

139. E difatti nulla ci spiega in che modo si dispone l'eccesso di neve che cade al di sopra della linea di neve,

Digitized by Google

nè come si supplisca al fondersi costante del ghiaccio al di sotto della linea stessa; non c'è modo di spiegare le morene mediane del ghiacciajo, fuorchè supponendo che dai più elevati piani nevosi del Col de Géant, del Léchaud e del Talèfre, all'estremo confine del Glacier du Bois, tutta la massa gelata si vada movendo a valle.

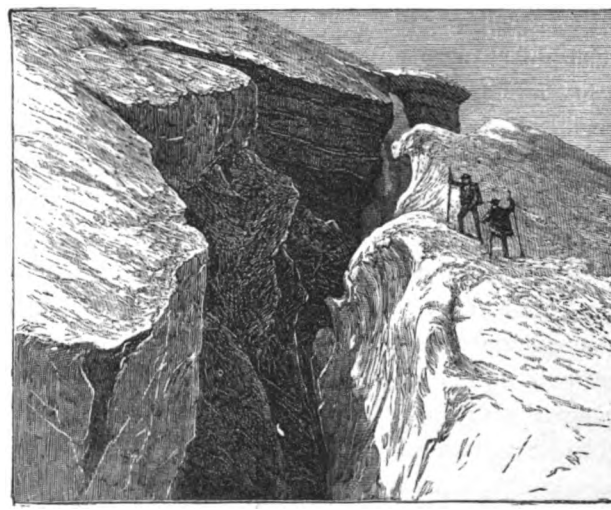
140. Io vorrei potervi guidare ad una salita sul Monte Bianco. Partendo da Chamouni si passa dapprima attraverso boschi e pascoli, poi per una ripida ascesa, lasciando a destra il ghiacciajo des Bossons, si giunge ad una roccia detta la Pierre Pointue; di là ad una roccia più alta detta Pierre l'Éschelle, dalla scala che vi si trova di solito per facilitare il valico dei crepacci del ghiacciajo. Alla Pierre l'Éschelle incomincia il ghiaccio, passiamo sotto l'Aiguille du Midi che torreggia a sinistra, dalla quale cadono di tempo in tempo valanghe di pietre che rovinano il sentiero, e si attraversa il ghiacciajo des Bossons in mezzo a frammenti ammonticchiati e a torri di ghiaccio infranto; il sentiero si fa più ripido e i crepacci così profondi da non poterne distinguere il fondo.

141. Si arriva alle rocce dei Grands Mulets, che formano una specie d'isola nuda nel mare di ghiaccio; di là si procede ai piani più elevati di neve attraversando il Petit Plateau ingombro di massi di ghiaccio. Volgendo lo sguardo a destra tosto si vede d'onde essi provengono; torreggiano con minacciante aspetto i blocchi spezzati di ghiaccio del Dôme du Goûté; nel paese chiamansi *séracs*, perchè rassomigliano per forma e per colore ad un formaggio inferiore che chiamasi appunto con tal nome a Chamouni. Le guide raccomandano il silenzio in questo passo, e non è male assecondarle, quantunque ci sia molto da dubitare che la

Digitized by Google

voce umana possa far crollare i massi di ghiaccio! Dal Petit Plateau, per un ripido pendio nevoso, si giunge al Grand Plateau; non ho mai visto nessun altro punto delle Alpi dove lo spettacolo sia più grandioso e solenne allo spuntar del giorno.

142. Ora sarebbe raggiunto uno degli scopi della nostra ascesa, perchè qui alla sommità del Grand Plateau ed ai



CREPACCI SUL GRAND PLATEAU.

piedi dell'ultima costa del Monte Bianco, vi posso indicare un immenso crepaccio nel quale, nel 1820, furono precipitate da una valanga tre guide.

143. Parlo corretto? Certo nel 1820 esisteva qui un crepaccio che appena si potrebbe distinguere dall'attuale. Era proprio quello l'identico crepaccio dell'attuale? Il ghiaccio fesso che trovasi qui in oggi, è ancora lo stesso ghiaccio

Digitized by Google

di cinquant'anni sono? No di certo. E come lo si prova? Col fatto, che più di quarant'anni dopo che le guide fossero sparite, se ne trovarono i resti presso l'estremità del ghiacciajo dei Bossons, parecchie miglia a valle del crepaccio attuale.

144. L'osservazione dimostra che il ghiaccio presso il fondo del *nevé* superiore, diventa il ghiaccio superficiale del ghiacciajo presso alla sua estremità. Lo smaltirsi della superficie al di sotto della linea di neve, fa sì che le parti più profonde di ghiaccio vengano sempre più spinte verso la superficie.

145. Sonvi molti ed ovvi indizi del movimento del ghiacciajo, quantunque questo movimento sia troppo lento perchè l'occhio lo possa percepire sul fatto. I crepacci si spostano entro certi limiti, d'anno in anno, certe volte di mese in mese, il che non sarebbe se il ghiaccio non si movesse. Trovansi rocce e pietre evidentemente divelte dai fianchi delle montagne; blocchi che furono visti cadere da dati punti, si ritrovarono poi a distanza più in giù; sulle morene trovansi rocce di caratteri mineralogici affatto differenti da quelli delle rocce che compongono le montagne a destra ed a sinistra; sempre in tali casi trovansi, più in sù lungo il ghiacciajo, strati dello stesso carattere. Da qui la conclusione che i ciottoli estranei furono portati giù *galleggianti* sul ghiaccio. Inoltre le estremità di parecchi ghiacciai, a guisa di aratro, tormentano il terreno che incontrano, rovesciando con lenta ma incessante energia le capanne, le case che incontrano per via. Questi sono fatti noti di lunga mano agli abitanti delle alti regioni delle Alpi, che per tal modo si son fatta una vaga e generale idea del movimento dei ghiacciai.

Digitized by Google

§ 19. *Movimento dei ghiacciai. Misure di Hugi e di Agassiz. Capanne che galleggiano sul ghiaccio.*

146. La scienza procede dal vago al preciso, onde nacque il desiderio di determinare esattamente la misura del muoversi dei ghiacciai. A proposito di tale misure, resterà per sempre memorabile un ghiacciajo dell'Oberland Bernese; dalla piccola città di Meyringen in Svizzera, si rimonta la valle di Hasli al di là della celebre cascata di Handeck, dove l'Aar precipitasi in un crepaccio di oltre duecento piedi di profondità; si è vicini al passo di Grimsel, ma invece di attraversarlo si piega a destra e si rimonta il corso dell'Aar; come il Rodano e l'Arveiron, trovasi che l'Aar sorte da un ghiacciajo.

147. Innoltratevi sul ghiaccio o piuttosto sulla profonda morena che lo ricopre e continuate a salire. Il cammino è difficile in principio, ma dopo un po' abbandonate la via sassosa, e vi trovate dinnanzi un vasto ghiacciajo tagliato per metà da una grande morena mediana. Questa morena è costituita dall'unione di due bracci di ghiacciajo, il Lauteraar e il Finsteraar che si congiungono al promontorio Abschwung per formare il ghiacciajo principale, l'Unteraar.

148. Nel 1827 il professore Hugi di Soletta, intrepido ed entusiasta scienziato, costrusse su questa grande morena mediana una capanna, allo scopo di fare osservazioni rispetto al ghiacciajo. La sua capanna si moveva, ed egli ne misurò il moto; in tre anni, dal 1827 al 1830, si era spostata discendendo di 330 piedi (100 metri). Nel 1836 si era smossa di 2354 piedi (716 metri); e nel 1841, Agassiz la trovò a 4712 piedi (1432 metri) a valle del primo punto.

Digitized by Google

149. Nel 1840, Agassiz con alcuni arditi compagni, si rifugiò sotto una gran roccia sporgente della stessa morena, riparandovisi con mura laterali ed altri mezzi; e poichè egli ed i suoi compagni venivano da Neufchâtel, la capanna fu detta per lungo tempo Hôtel des Neufchâtelois. Due anni dopo, Agassiz trovò che l'*hôtel* erasi smosso di 486 piedi all' ingiù.

§ 20. *Misure esatte di Agassiz e di Forbes. Il movimento di un ghiacciajo rassomiglia a quello di un fiume.*

150. Eccoci vicini ad un' epoca importante della storia scientifica dei ghiacciai. Se i primi esploratori avessero avuto la pratica degli istrumenti di precisione oggi in uso per le livellazioni, probabilmente si avrebbero potuto avere, molto prima, misure *esatte* del muoversi dei ghiacciai. Questi istrumenti furono applicati quasi simultaneamente da Agassiz sul ghiacciajo del Hunteraar, e dal professore Forbes sulla Mer de Glace. Già innanzi, Escher de la Linth aveva tentato di determinare il movimento di una serie di pali di legno inficcati nel ghiacciajo d'Aletsch, ma il ghiaccio si sciolse così rapidamente che i pali si rovesciarono. Per ovviare a questo inconveniente, Agassiz intraprese, nel 1841, l'immensa fatica di trasportare tutti i suoi istrumenti da perforazione al suo *hôtel*, coi quali praticò sul Hunteraar sei diversi fori fino alla profondità di dieci piedi, disposti in linea retta attraverso il ghiacciajo; in questi fori si collocarono sei pali, che vi restarono solidamente per un anno, e nel 1842 si determinò lo spostamento che avevano subíto. Avevano percorso rispettivamente, 160 piedi (49 metri), 225 piedi (68 metri),

Digitized by Google

269 piedi (82 metri), 245 piedi (74 metri), 210 piedi (64 metri), e 125 piedi (38 metri).

151. Così si è fatto un gran passo. Notate che le cifre di mezzo sono le più alte; esse corrispondono alla parte centrale del ghiacciajo. Con queste misure si può verificare non solo il fatto del moversi dei ghiacciai, ma anche l'altro che *il centro del ghiacciajo, come il centro di un fiume, si muove più rapidamente dei margini.*

152. Ajutato da ingegneri esperimentati, Agassiz continuò negli anni seguenti queste misure, e consegnò le sue ricerche nella famosa opera intitolata: Système glaciaire, accompagnata da un magnifico atlante del ghiacciajo del Hunteraar, ch'egli pubblicò nel 1847.

153. Questi dati furono rilevati mediante il teodolite, del quale vi parlerò fra poco. Nello stesso anno il prof. Forbes impiegò lo stesso strumento sulla Mer de Glace; egli stabilì, indipendentemente da altri, che il centro del ghiaccio si sposta più del resto; dimostrò che non è necessario aspettare un anno, una settimana anche, per determinare il movimento d'un ghiacciajo; con un teodolite messo esattamente a posto, riuscì a rilevare di giorno in giorno il movimento di diversi punti della Mer de Glace; affermò, e con ragione, che si poteva rilevare il movimento del ghiacciajo d'ora in ora, e ciò vedremo più innanzi (162). Forbes fece altresì la triangolazione della Mer de Glace, e ce ne diede una carta eccellente. Le sue prime osservazioni e le sue esplorazioni, furono pubblicate nel 1843 nel libro oramai celebre: Viaggi nelle Alpi (Travels in the Alps).

154. Negli anni seguenti continuò queste osservazioni, e i risultati trovansi in una serie di lettere staccate e di

Digitized by Google

memorie interessantissime, che più tardi vennero raccolte in un volume pubblicato nel 1859 col titolo: Memorie sulla teoria dei ghiacciai (Occasional Papers on the Theory of Glaciers). I lavori di Agassiz e di Forbes, sono le due fonti principali di quanto si sa intorno ai fenomeni dei ghiacciai.

§ 21. *Il teodolite e modo di usarne. Misure nostre.*

155. Così son riuscito a fornirvi prove del movimento dei ghiacciai, e vi ho dato il sommario storico della misura di questo movimento; ora vorrei aggiungere qualche cosa, esponendovi quanto io ho fatto per le mie ricerche sui ghiacciai. È necessario che nè risoluzione, nè pazienza, nè fermezza, non ci facciano difetto, nè sul principio, nè nel proseguimento del nostro cómpito.

Il teodolite consiste essenzialmente di un telescopio e di un cerchio graduato; il telescopio può muoversi sù e giù, e il cerchio che porta il telescopio con esso, gira a destra ed a sinistra; vi sono disposte convenientemente delle viti tangenti, le quali servono a far sì che gli spostamenti dei pezzi siano pressochè insensibili; l'istrumento è portato da tre gambe mobili, ma che si possono fissare solidamente.

156. Il cerchio porta due livelli ad alcool, disposti l'uno ad angolo retto rispettivamente all'altro; la pratica dell'istrumento fa sì che si riesca con tutta facilità a disporne le gambe in modo che il cerchio sia pressochè orizzontale, al che si riesce con esattezza mediante quattro viti di pressione e di richiamo. Precisamente sotto il centro dell'istrumento c'è un piccolo uncigno cui è attaccato un

Digitized by Google

piombino, la punta del peso tocca la roccia e si fa un segno là dove tocca, o se il terreno è molle, s'infissa un piuolo esattamente sotto il filo a piombo. Per tal modo sospendendo di nuovo il piombino più tardi, si rimette l'istrumento nella posizione precisa di prima.

157. Se si guarda pel telescopio vedesi il campo visuale attraversato da due fili di ragnatela, finissimi, disposti in croce. Volendosi servire dell'istrumento, si punta il telescopio attraverso il ghiacciajo in modo che il centro di intersezione dei due fili cada esattamente su un punto definito di roccia o su di un'albero, dall'altro lato della valle. Questo punto è la nostra pietra fondamentale, e ne facciamo uno schizzo qualunque, insieme a qualche oggetto circostante, in modo da poterlo ritrovare immediatamente quando si ritorni allo stesso posto. Immaginatevi ora una linea retta tirata dal centro del telescopio a questo punto, e supponete che questa linea si ripeta sul ghiaccio, come se ogni punto della medesima cadesse sul ghiaccio nel modo che farebbe una pietra; lungo questa linea si infissa una serie di pali.

158. Bisogna essere ajutato da un assistente istruito; questi innalza un'asta e vi sta dietro; si abbassa il telescopio, senza lasciarlo deviare nè a destra nè a sinistra, ossia, in linguaggio matematico, mantenendolo nello stesso piano verticale. I fili incrociati del telescopio probabilmente cadranno, sul ghiaccio, un po' al di fuori dall'asta dell'assistente: con un braccio gli si accenna di muoversi a destra od a sinistra, di avanzare o di retrocedere; così riprovando egli sa riconoscere quando s'avvicina al giusto punto, e allora bastano brevi movimenti per trovarsi esattamente sul punto sul quale coincidono i fili incrociati;

Digitized by Google

con un segnale gli si indica ch'egli trovasi al giusto sito, allora pratica un foro nel ghiaccio con un trivello e s'infigge un palo. Nello stesso modo si rileva un'altro punto, e in seguito l'assistente riesce a rilevarne altri con una certa facilità; per tal modo possiamo disporre in linea retta attraverso il ghiacciajo, quel numero qualunque di pali infissi.

159. Il mattino appresso si misura la distanza percorsa da tutti i pali. Si rimette il teodolito nella posizione di prima e lo si livella esattamente; si dirige il telescopio sul punto dal lato opposto della valle, movendo la vite tangente fino a che il punto d'intersezione dei due fili cade sul punto di base dell'osservazione; allora si abbassa il telescopio fino alla prima asta, presso la quale si è già posto il nostro assistente munito di un regolo diviso in piedi e pollici; al primo sguardo si rileva che l'asta si è allontanata, e allora, guidato dai nostri segnali, l'assistente ritorna al punto di partenza di jeri e di là misura la distanza che lo separa dall'asta; supponiamo che questa sia di sei pollici; questa misura ci indica la distanza percorsa dall'asta.

160. Bisogna aver cura di notare esattamente ora e minuto nella quale s'infissa ciascun palo, come pure l'ora e minuti nella quale se ne misura la distanza dal primo posto; così possiamo calcolare esattamente il movimento quotidiano del punto in questione. Nello stesso modo si misurano le distanze percorse di ciascuno degli altri punti.

161. L'operazione procede sempre così; bisogna chiarirsi bene di quanto s'ha a fare, poi metterci in grado di eseguirlo con esattezza. A completare quanto sto per dirvi,

Digitized by Google

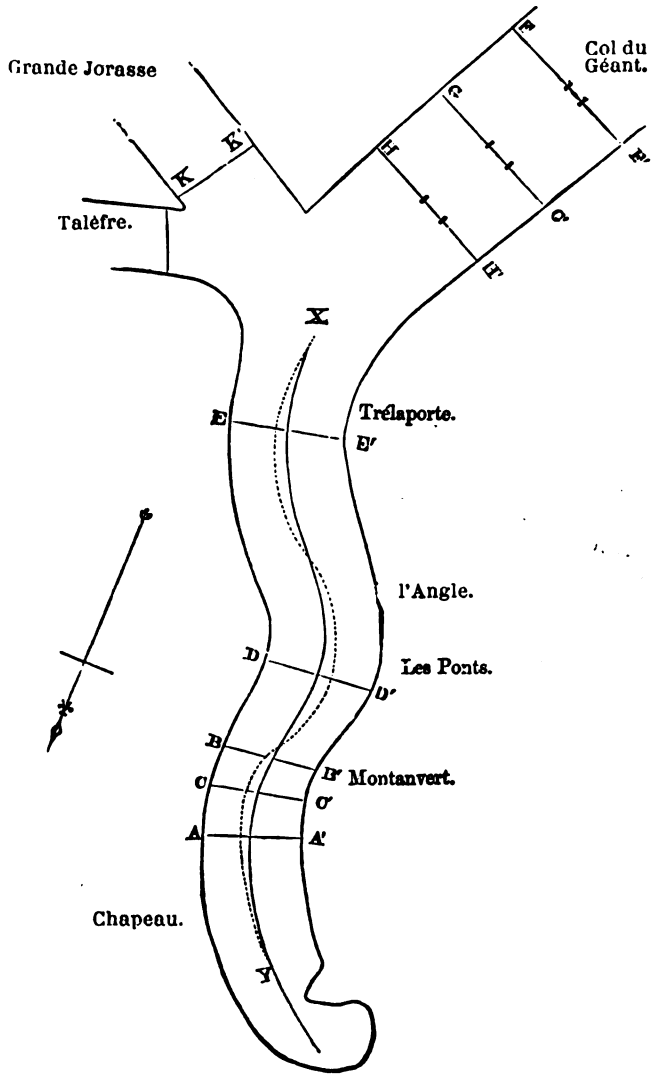
vi citerò le misure che sono state prese in tal modo sulla Mer de Glace nel 1857, e le conclusioni che se ne possono tirare; vi prego però di accettare la supposizione, che queste osservazioni siano fatte assieme, io e voi; le misure furono fatte per la maggior parte da Hirst.

§ 22. *Movimento della Mer de Glace.*

162. Il 14 luglio, ci troviamo all'estremità del Glacier des Bois, non lungi dalla sorgente dell'Arveiron. Puntiamo il nostro cannocchiale verso la parte opposta del ghiacciajo e fissiamo il punto d'incontro dei due fili esattamente sull'estremità di un pinnacolo di ghiaccio; l'istrumento non si muove più, e ci accontentiamo di ripetere la nostra osservazione d'ora in ora. La punta di ghiaccio si muove lentamente, ma con evidenza, spostandosi dai fili; in tre ore possiamo verificare una distanza di parecchi pollici. Presso alla volta d'onde sorte l'Arveiron e mentre si stava ventilando di entrarvi, la volta cede e crolla con fracasso di tuono; ed ecco ch'io non aveva torto quando vi consigliava di non penetrare sotto quella volta nell'estate.

163. Si sale fino all'albergo di Montanvert, dove si stabilisce il nostro quartiere, e di là si discende alla morena laterale del ghiacciajo un po' al di sotto dell'albergo; si monta il teodolite e se ne fissa la posizione esatta con un filo a piombo. Dobbiamo assicurarci dapprima che la nostra linea sia perpendicolare o quasi all'asse o linea mediana del ghiacciajo. L'assistente, pratico di queste operazioni, posa a terra un lungo bastone e cerca di disporlo nella direzione più prossima a quella dell'asse; con un altro bastone puntato verso il nostro teodolite cambia di

Digitized by Google



PIANO LINEARE CHE MOSTRA LE LINEE DI MISURE PRESE SULLA MER DE GLACE E SUOI TRIBUTARI.

Digitized by Google

posto, finchè il secondo bastone riesce perpendicolare al primo e allora fa un segnale; noi puntiamo il cannocchiale su di questo, ed innalzandolo a poco a poco sù un piano verticale, troviamo e disegniamo un punto di base all'altro lato del ghiacciajo. Notato questo punto e l'altro corrispondente al filo a piombo, si può trovare quando si vuole la linea. Perchè le misure riescano più intelligibili, vi presento un diagramma lineare della Mer de Glace e suoi tributari.

164. Nel 17 luglio 1857 furono piantati dieci pali sulla linea ora descritta; il giorno dopo se ne misurò lo spostamento; due erano caduti, gli altri otto percorsero in ventiquattro ore le seguenti distanze:

MOVIMENTO QUOTIDIANO DELLA MER DE GLACE.

LINEA *A A'* (DEL DIAGRAMMA).

	Est							Ovest
Palo . . .	1	2	3	4	5	7	9	10
Pollici . .	12	17	23	26	25	26	27	33

165. Vi è noto che il corpo che costituisce il ghiacciajo, è vero ghiaccio, e avete forse letto che i ghiacciai si muovono, nondimeno riesce pur sempre interessante l'osservazione materiale del muoversi di un corpo in apparenza così rigido; e non solo il ghiaccio si muove in massa, ma una parte di esso oltrepassa l'altra; la media dello spostamento aumenta gradatamente di 12 pollici al giorno (30 centim.), a un margine, fino a 33 pollici (82 cent.) al giorno a una certa distanza dal margine. Questo spostamento maggiore del ghiaccio centrale dei ghiacciai, era già stato osservato da Agassiz e da Forbes; noi ne veri-

Digitized by Google

fichiamo i risultati e procediamo a qualch'altra cosa. Attraversando il Glacier du Géant, che occupa più della metà della valle, troviamo che la nostra linea di pali non finisce là, il 10° sta sulla parte di ghiaccio che viene dal Talèfre.

166. Il movimento sui lati è lento, a motivo dello sfregamento del ghiaccio contro i margini nei quali è racchiuso; parrebbe quindi, che a metà tra l'uno e l'altro margine, dove lo sfregamento laterale è minore, il movimento dovrebbe essere al massimo, ma invece non è così, poichè il 10° palo più vicino del 9° al lato est della valle, percorre ogni giorno sei pollici (15 cent.) di più del 9°, al giorno.

167. Questo dà a pensare, e perchè un filosofo lo faccia con calma e profitto, deve sentirsi perfettamente sicuro dei fatti. La linea precedente attraversava il ghiacciajo un po' al di sotto di Montanvert, oggi 18 luglio tracciamone un'altra un po'al di sopra dell'albergo, e per aumentare i mezzi di scoperta, piantiamo su questa 31 pali. L'indomani cinque di questi pali sono fuori di servizio; le distanze percorse in 24 ore dagli altri 26 sono le seguenti:

LINEA *B B'* (DEL DIAGRAMMA).

	Ovest												
Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pollici	8	11	12	15	15	16	17	18	19	20	20	21	21
Palo	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Pollici	21	23	23	23	21	23	21	25	22	22	23	25	26
													Est

168. Il primo fatto che ci risulta da queste cifre è la ve-

Digitized by Google

locità che va aumentando dalla prima verso l'ultima, per altro con qualche piccola irregolarità; da 23 pollici per il 17.° palo si discende a 21 per il 18.°; da 23 per il 19.° si discende a 21 per il 20.°; da 25 per il 21.° discendiamo a 22 per il 22.° e 23.°; ma non ostante queste lievi oscillazioni è manifesto che la media della velocità va aumentando. Può darsi che lo squagliarsi del ghiaccio abbia prodotto qualche leggiero spostamento di qualche palo, ciò che spiegherebbe le piccole deviazioni dell'uniformità d'aumentato spostamento. Più ci sarebbe un'altra soluzione; vedremo più tardi che il movimento del ghiacciajo viene ritardato, non solo dalle sponde ma anche dal letto, e che gli strati superiori del ghiaccio sdrucciolano sugl'inferiori; ora se il letto della Mer de Glace presenta qua e là delle eminenze che sporgono fin presso la superficie del ghiaccio in modo da ritardarne il movimento, queste possono essere la causa delle piccole irregolarità ora accennate.

169. Poichè ci troviamo sul ghiaccio, notiamo che il palo 26 come il palo 10 della nostra linea precedente, sta più presso alla sponda est del ghiacciajo; e così le nostre misure ci darebbero un'altra prova, che il centro di questa parte del ghiacciajo *non* è sede dello spostamento più rapido.

§ 23. *Movimento ineguale dei due lati della Mer de Glace.*

170. Non abbiamo potuto nè coll'una nè coll'altra delle nostre due linee d'operazione, estendere le misure a tutta la larghezza del ghiacciajo. Perchè? Provandoci ad una data cosa spesso ne impariamo un'altra, ed è così che in

Digitized by Google

scienza, purchè si perseveri nell'opera, le stesse sconfitte ci si convertono in mezzi d'istruzione. Abbiamo stabilito dapprima il teodolite sulla morena laterale della Mer de Glace, aspettandoci di poter dominare il ghiacciajo da un lato all'altro, ma ci troviamo delusi; il centro del ghiacciajo ci si presenta più elevato dei lati di esso, così che dal punto delle nostre due ultime osservazioni, la vista del ghiaccio vicino all'opposto lato del ghiacciajo, ci era intercettata dal centro più elevato. Infatti i fianchi della montagna sono più caldi nell'estate, il ghiaccio che confina con essi si fonde, e si produce in tal modo un'abbassamento dei lati rispettivamente al centro del ghiacciajo.

171. Sulle alture dell'altro lato del ghiacciajo troviamo un posto conveniente pel nostro teodolite; attraversiamo il ghiacciajo e piantiamo il nostro istrumento in posizione da poter dominare il ghiacciajo da un lato all'altro. La nostra prima linea correva al di sotto di Montanvert, la seconda al di sopra, e questa che è la terza, trovasi esattamente in faccia a Montanvert; infatti l'oggetto sul quale abbiamo puntato il centro di croce dei fili del teodolite, è un'angolo di una delle finestre dell'albergo. Lungo questa linea si piantano 12 pali il 20 luglio; il 21 uno di questi è caduto; la distanza percorsa dagli altri nelle ventiquattro ore è la seguente:

TERZA LINEA: *C C'* (DEL DIAGRAMMA).

	Est										Ovest
Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pollici	22	23	29	30	31	23	25	25	25	18	9

172. Il primo e l'undecimo palo di questa serie erano

Digitized by Google

situati presso ai margini del ghiacciajo; sul margine orientale la velocità è di 20 pollici, sul margine occidentale è solo di 9; aumenta dal margine orientale da 20 a 34 pollici, velocità del 5° palo, che noi, stando sul ghiacciajo, vediamo più presso al margine orientale. *Le prove fornite da queste tre linee stabiliscono il fatto che, in faccia a Montanvert e per qualche distanza al di sopra e al di sotto, tutto il margine orientale del ghiacciajo si muove con velocità maggiore di quella del margine occidentale.*

§ 24. *Analogia tra il movimento di un ghiacciajo e quello di un fiume.*

173. Qui c'è da riflettere; i fatti tornano insignificanti se non riescono a provocare questo esercizio della mente; e perchè i fatti in natura non sono isolati ma si collegano fra loro, la scienza, per tenere loro dietro, deve essa pure costituire un tutto collegato. La mente del filosofo deve essere, in certo qual modo, un tessuto di pensieri le cui fila corrispondano al tessuto di *fatti* della natura.

174. Ora ascendiamo a un punto dal quale si domini tutta questa parte della Mer de Glace; di là vediamo che il fiume di ghiaccio segue una linea curva partendo da Montanvert, cioè colla convessità all'est e la concavità all'ovest. Abbiamo già annunciato il fatto che un ghiacciajo muovesi, per certi rispetti, a guisa di un fiume. Or come si muove un fiume in un canale curvo? La risposta è ben nota. Se il ghiaccio della Mer de Glace fosse trasportato dall'acqua, il punto di maggiore velocità a Montanvert, non sarebbe già il centro, ma un punto all'est del centro. Può egli darsi che questa roccia d'acqua, come

Digitized by Google

chiamasi certe volte il ghiaccio, si comporti anche in tal caso come l'acqua?

175. Ecco un pensiero che ci si presenta lì sul posto; vero o no, abbiamo sotto mano i mezzi di verificarlo. Guardando all'insù pel ghiacciajo, vediamo che si incurva ancora a les Ponts, ma che colà la convessità della curva è verso il lato occidentale della valle. Se il nostro assunto è giusto, il punto della maggior velocità in faccia a les Ponts, deve essere all'ovest dell'asse del ghiacciajo.

176. Verifichiamo questa congettura. Il 25 luglio disponiamo una serie di 17 pali su una linea che attraversa questa parte del ghiacciajo; tutti sono rimasti in piedi, e il 26 troviamo che la velocità percorsa nelle ventiquattro ore è la seguente:

LINEA QUARTA: *D D'* (DEL DIAGRAMMA).

	Est														Ovest
Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pollici	7	8	13	15	16	19	20	21	21	23	23	21	22	17	15

177. L'esame solo all'occhio nudo ci rileva che i pali 10 e 11, dove il ghiacciajo raggiunge la maggiore velocità, trovansi di molto all'ovest dell'asse del ghiacciajo; così viene ad essere verificata la congettura che ci ha condotto a fare queste misure. Notate che le congetture della scienza non sono frutto del caso, bensì di un esame ponderato dei fatti antecedenti; la congettura è l'induzione da fatti, la quale deve essere ratificata o respinta dall'esperienza susseguente.

178. Quantunque stiano già con noi valide ragioni per

Digitized by Google

ammettere che il punto di velocità massima del ghiacciajo, segue le leggi di un liquido in movimento, avrà più valida forza la nostra conclusione, se potremo dimostrare che questo punto ripassa all'est dell'asse del ghiacciajo ad un'altra inflessione di curva. Per avventura l'occasione ci si presenta in faccia a Trélaporte; qui la convessità della curva della valle è volta ancora all'est. Il 28 luglio tracciamo una delle nostre linee attraverso questa parte del ghiacciajo; le misure rilevate il 31 ci danno le seguenti distanze percorse nelle ventiquattr'ore:

QUINTA LINEA: *E E'* (DEL DIAGRAMMA).

	Ovest														Est
Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pollici	11	14	13	15	15	16	17	19	20	19	20	18	16	15	10

179. Anche qui l'esame ad occhio nudo ci dimostra che i tre pali che hanno subíto il maggior spostamento cioè il 9°, il 10° e l'11°, trovansi tutti all'est della linea medesima del ghiacciajo. Parmi quindi dimostrato che, il punto di maggiore velocità passa da un punto all'altro attraversando l'asse del ghiacciajo, secondo che la curva delle valle cambia direzione.

180. E non basta; poichè ci si presentano mezzi più sicuri non dobbiamo accontentarci di giudicare ad occhio. Abbiamo con noi una catena, adoperiamola per misurare queste linee, e notiamo la distanza di ciascun palo dal margine del ghiacciajo; non è operazione facile a motivo dei crepacci, ma la confido con sicurezza al signor Hirst ajutato da voi. Paragoniamo in seguito un certo numero di pali sul margine orientale del ghiacciajo,

Digitized by Google

con un numero equivalente di altri pali alle stesse distanze dal margine occidentale. Prenderemo per esempio due pali l'uno a dieci metri dal margine orientale, l'altro pure a dieci metri dal margine occidentale, poi due altri l'uno a cinquanta metri da un margine, l'altro pure a cinquanta dall'altro e così via di altri; paragoniamoli fra loro. Per maggior semplicità chiameremo *punti equivalenti* i punti così paragonati a due a due.

181. Nella quarta linea, *D D'* sonvi cinque paja di tali punti, ed eccone la velocità:

Punti orientali; velocità in pollici . .	13	15	16	18	20
Punti occidentali » » . .	15	17	22	23	23

In ogni caso qui il palo all'ovest si spostò più rapidamente dell'altro equivalente all'est.

182. Applicando la stessa analisi alla quinta linea *E E'* abbiamo la seguente serie di velocità di tre paja di punti equivalenti:

Punti orientali; velocità in pollici. . . .	15	18	19
Punti occidentali » »	13	15	17

183. Qui i tre punti sul margine orientale muovonsi più rapidamente dei tre punti equivalenti ad occidente.

184. Così resta dimostrato:

1. *Che, a livello di Montanvert, la metà orientale della Mer de Glace muovesi più rapidamente della metà occidentale.*

2. *Che, a livello di les Ponts, la metà occidentale del ghiacciajo muovesi più rapidamente della metà orientale.*

3. *Che, a livello di Trélaporte, la metà orientale del*

Digitized by Google

ghiacciajo torna ad avere un movimento più rapido della metà occidentale.

4. *Che questi cambiamenti di sito della maggiore velocità, dipendono dalle curve della valle nella quale si muove la Mer de Glace.*

§ 25. *Nuova legge del movimento dei ghiacciai.*

185. Vediamo di esprimere questi fatti in altro modo. Supponiamo già determinati i punti di massima velocità di un gran numero di linee che attraversano la Mer de Glace; la linea che unisce tutti questi punti assieme è ciò che dicono i matematici, il *locus* del punto di velocità massima.

186. A Trélaporte questa linea sarebbe all'est del centro; a les Ponts sarebbe all'ovest; da Trélaporte quindi passando a les Ponts taglia il centro; a Montanvert ritrovasi all'est del centro; tra les Ponts quindi e Montanvert taglia una seconda volta il centro. Se vi fossero altre sinuosità sulla Mer de Glace, l'asse del ghiaccio verrebbe ad essere tagliato altrettante volte.

187. I punti dell'asse che segnano la transizione della curva da oriente ad occidente e viceversa, si posson dire *punti di flessione inversa.*

188. Ora ciò che è vero per la Mer de Glace è vero per tutti gli altri ghiacciai che muovonsi per valli sinuose; così i fatti stabiliti per la Mer de Glace si possono esprimere colla seguente legge generale del movimento dei ghiacciai:

Quando un ghiacciajo muovesi per una valle sinuosa, il locus del punto di velocità massima non coincide col centro

Digitized by Google

del ghiaccio, ma giace invece sempre dalla parte della convessità della linea centrale. Il locus è quindi una linea curva a sinuosità più profonde di quelle della valle stessa, e taglia l'asse del ghiaccio a ciascun punto di flessione inversa.

189. La linea punteggiata del disegno a pagina 125 rappresenta il locus dei punti di velocità massima; la linea nera segna l'asse del ghiacciajo.

190. Questa legge è altrettanto vera, sostituendo alla parola *ghiacciajo* l'espressione *corso d'acqua*. Il movimento dell' acqua è retto dalle stesse leggi del movimento del ghiaccio.

191. Ora applichiamo questa legge alla spiegazione di una difficoltà. Ritornando alle misure diligenti rilevate da Agassiz sul ghiacciajo dell'Unteraar, troviamo una sezione del Système glaciaire consacrata alle Migrations du Centre. Vi si dimostra che il centro del ghiacciajo d'Unteraar non è sempre il punto che corrisponde alla velocità massima. Questo fatto restò fino ad ora inesplicato; ma uno sguardo alla valle dell' Unteraar o sulla carta della valle, spiega l'enigma, il quale non è che l' effetto della legge che abbiamo or ora stabilito nei nostri studii sulla Mer de Glace.

§ 26. *Movimento dell'asse della Mer de Glace.*

192. Con cinque diverse linee attraverso il tronco della Mer de Glace abbiamo misurata la velocità colla quale muovesi il ghiacciajo; ma questa velocità non è la stessa su tutte le linee; il ghiacciajo, come un corso d'acqua, muovesi con diversa velocità in diversi punti. Paragonando le diverse velocità massime delle cinque linee abbiamo il seguente risultato:

Digitized by Google

MOVIMENTO DELLA MER DE GLACE.

A Trélaporte	20 pollici	al giorno	(50	centim.).	
A les Ponts	23 »	»	(57	»	).
Sopra Montanvert	26 »	»	(65	»	).
A Montanvert	31 »	»	(85	»	).
Sotto Montanvert	33 »	»	(82	»	). (1)

193. Così la rapidità aumenta a misura che si discende il ghiacciajo da Trélaporte a Montanvert; la velocità massima a Montanvert oltrepassa di 14 pollici (35 cent.) al giorno quella di Trélaporte.

§ 27. *Movimento dei ghiacciai tributari.*

194. Fin qui quanto al ghiacciajo principale; vediamo ora d'investigarne i rami, servendoci come per lo addietro dei fatti noti per procedere alla scoperta degli ignoti.

195. Dalla nostra stazione d'onde dominavasi così bene la Mer de Glace, ebbimo già ad osservare che alcuno dei tributari del ghiacciajo erano più ampi del ghiacciajo stesso. Supponiamo che invece del ghiaccio ci fosse dell'acqua, cosa succederebbe? Pensereste senza dubbio, che nelle valli larghe e poco ripide del Géant e del Léchaud la corrente sia relativamente più lenta, ma che l'acqua precipiterebbe con velocità maggiore attraverso lo stretto di Trélaporte. Vediamo se può dirsi così anche del ghiaccio.

(1) Questa cifra è probabilmente al di sotto del vero. Io credo che la velocità massima di questa parte della Mer de Glace sia stata nel 1857 di un yard (90 centim.) in ventiquattro ore.

Digitized by Google

196. Piantando il teodolite all'ombra del monte Tacul e scegliendo un punto fisso dal lato opposto del Glacier del Géant, il 29 luglio tiriamo come al solito una linea di 10 pali attraverso il ghiacciajo. In ventiquattro ore questa linea ha subíto il seguente spostamento:

MOVIMENTO DEL GLACIER DU GÉANT.

LINEA SESTA: *H H'*

Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pollici	11	10	12	13	12	13	11	10	9	5

197. La nostra congettura trovasi così verificata. Qui la velocità massima è inferiore di 7 pollici al giorno di quella della Mer de Glace a Trélaporte (192).

198. Ora al ramo di Léchaud. Il 1 agosto piantiamo dieci pali attraverso questo ghiacciajo al di sopra del sito dove si unisce al Talèfre. Lo spostamento misurato il 3 agosto e ridotto alle ventiquattro ore fu il seguente.:

MOVIMENTO DEL GLACIER DI LÉCHAUD.

LINEA SETTIMA: *K K'*

Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pollici	5	8	10	9	9	8	6	9	7	6

199. Qui la nostra congettura trova una riconferma; la velocità è ancor minore di quella del Glacier du Géant.

§ 28. *Movimento di alto e basso del ghiacciajo.*

200. Così abbiamo le maggiori prove che i margini d'un ghiacciajo, come quelli di un corso d'acqua, vengono ritardati nel loro corso dallo sfregamento contro le sponde.

Digitized by Google

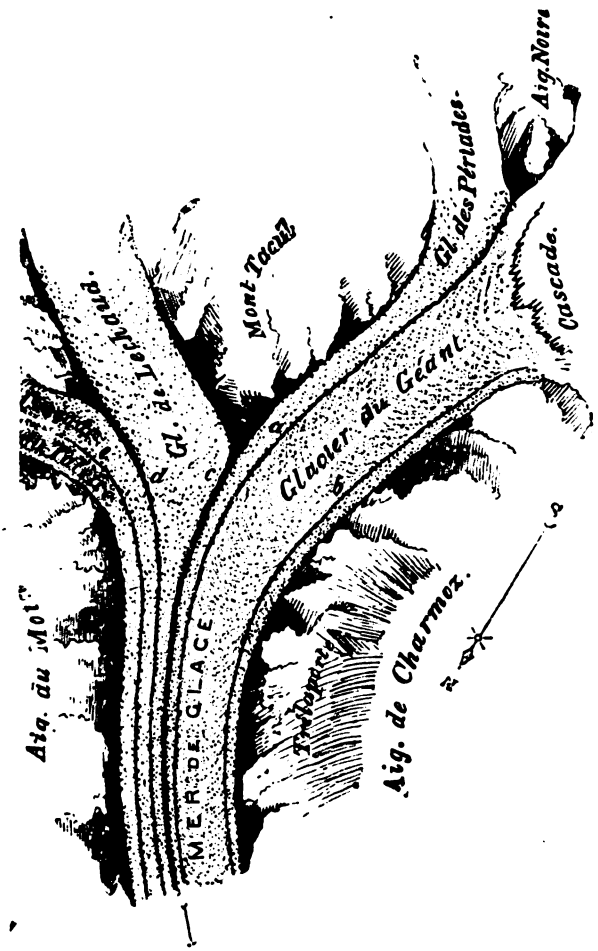
Ma la similitudine non finisce qui; il movimento di un corso d'acqua vien ritardato anche dall'attrito contro il letto. Due osservatori, Forbes e C. Martins, concorsero a dimostrare che avviene lo stesso di un ghiacciajo; le osservazioni dell'uno e dell'altro furono contraddette, onde maggiore ci incombe l'obbligo di cercare prove definite.

201. Al monte Tacul (presso il punto *a* del nostro disegno a pag. 139) attrasse già la nostra attenzione un muro di ghiaccio dell'altezza di 150 piedi. Incurvandosi per raggiungere il Léchaud, il Glacier du Géant si discosta qui dal fianco della montagna e ci espone la sezione dello spessore di esso; ci proviamo a misurarlo in alto, in basso, ed a metà, e per due volte non ci si riesce; ci riesciamo finalmente alla terza; fissiamo un'asta sulla sommità del precipizio di ghiaccio, un'altra a quattro piedi dal fondo, una terza a 35 piedi (11 metri) al di sopra del fondo, a rischio e pericolo d'essere schiacciati dai massi che precipitano, ed ajutati dalla destrezza e dalla cautela, riesciamo a misurare lo spostamento di tutte e tre. Eccone la velocità nelle ventiquattro ore:

Asta superiore	6	pollici
Asta a metà	4 1/2	»
Asta inferiore	2 2/3	»

202. Queste misure dimostrano l'influenza che ha il letto del ghiacciajo nel ritardarne il movimento. Il fondo del ghiacciajo non si muove con metà la velocità della superficie.

Digitized by Google



PIANO DELLA MER DE GLACE COLLE MORENE *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Digitized by Google

§ 29. *Compressione laterale di un ghiacciajo.*

203. Forniti di quanto abbiamo imparato in queste operazioni e con queste misure, ritorniamo ancora alla nostra stazione presso allla fenditura ai piedi dell'Aiguille de Charmoz. Alla nostra prima visita abbiamo visto le morene mediane del ghiacciajo, ma nulla sapevamo dell' origine loro; ora sappiamo ch' esse segnano sul ghiacciajo principale i ghiacciai tributari. Consideriamo dapprima il Glacier du Géant, constatiamone l'ampiezza fin dove trovasi nella sua propria valle, in confronto della ristrettezza di esso a Trélaporte. Ci fa ancora maggior sorpresa l'ampio corso di ghiaccio del Léchaud che si riduce, sulla Mer de Glace, ad una stretta striscia bianca fra le morene che lo limitano. Anche il Talèfre subisce una compressione analoga. Ora discendiamo muniti della nostra catena, e misuriamo l'ampiezza degli affluenti e la compressione che subirono a Trélaporte.

204. La larghezza del Glacier du Géant è di 1134 yards (metri 1036).

205. Quella del Glacier de Léchaud di 825 yards (m. 754).

206. Quella del Talèfre di 638 yards (m. 583).

207. La somma della larghezza dei tre rami del ghiacciajo è di 2597 yards (m. 2373).

208. A Trélaporte questi tre ghiacciai trovansi forzati attraverso una gola di 893 yards (m. 816) di larghezza, un terzo meno della larghezza primitiva, con una velocità di 20 pollici (50 cent.) al giorno.

209. Se ci limitiamo al Glacier del Léchaud tali fatti sono ancor più sorprendenti. Prima di unirsi al Talèfre

Digitized by Google

questo ghiacciajo ha una larghezza di 825 yards (m. 754); passando pel giogo di granito a Trélaporte, tale larghezza vien ridotta a 88 yards (m. 80) o in cifre tonde a un decimo della larghezza primitiva.

210. Dovrebbesi dunque intendere con questo che il ghiacciajo del Léchaud venga compresso e ridotto ad un decimo del *volume* primitivo? Niente affatto; non è che un cambiamento di *forma*, non di volume, che avviene a Trélaporte; prima che avvenga tale compressione il ghiacciajo rassomiglia a una piastra di ghiaccio posata a piatto sul letto; dopo la compressione, la piastra è posata di costa. La compressione aumentò necessariamente lo spessore del ghiaccio.

§ 30. *Compressione longitudinale di un ghiacciajo.*

211. Il ghiaccio vien forzato per la gola di Trélaporte da una pressione posteriore; infatti il Glacier du Géant immediatamente al di sopra di Trélaporte, fa l'ufficio di uno stantuffo che spinge il ghiaccio per entro la gola. Quale effetto deve esercitare poi questa pressione sullo stantuffo stesso? È probabile che tale pressione abbrevii lo stantuffo, lo si capisce facilmente; e che la parte inferiore del Glacier du Géant debba cedere fino ad un certo punto alla pressione dal di dietro.

212. Vediamo se questo concetto vien confermato dai fatti. A circa tre quarti di miglia al di sopra di Tacul e sul pendio a sinistra della montagna che ascendiamo, vedesi un campo di verde, ci arrampichiamo fin là, vi piantiamo il teodolite e dirigiamo attraverso il Glacier du Géant una linea, linea N. 1 *F F'*, vedi pag. 125.

Digitized by Google

213. Circa un quarto di miglia in basso troviamo un passo praticabile sul fianco della montagna, per esso arriviamo ad una piattaforma, vi si pianta l'istrumento e tracciamo una seconda linea, N. 2, *G G'*. Qui bisogna essere solleciti, perchè per questo passo rotolano pietre da un piccolo ghiacciajo che s'appoggia al fianco del monte Tacul.

214. Un quarto di miglia più in basso, e quindi più presso al Tacul, tracciamo una terza linea, N. 3, *H H'*.

215. Lo spostamento giornaliero dei centri di queste tre linee è il seguente:

	Pollici	Distanza fra le linee
N.° 1 . . .	20.55	. . . . . 515 yards
N.° 2 . . .	15.43	
N.° 3 . . .	12.75	. . . . . 487 »

216. Qui la prima linea si è spostata di cinque pollici al giorno più della seconda, la seconda di circa tre pollici più della terza; il che conferma il nostro concetto. Lo stantuffo di ghiaccio, che possiamo calcolare in cifre tonde a 1000 yards (m. 914) di lunghezza, vien ridotto, dalla pressione che subisce nel senso della lunghezza, di circa 8 pollici (cent. 20) al giorno.

217. Un corso d'acqua che discendesse la valle del Géant obbedirebbe alle stesse leggi; il movimento dell'acqua diminuirebbe avvicinandosi a Trélaporte, e passando per la gola, acquisterebbe una velocità maggiore a quella che aveva prima.

Digitized by Google

§ 31. *Sdrucciolamento e colamento. Ghiaccio duro e ghiaccio molle.*

218. Fin qui ci siamo limitati allo studio ed alle misure del movimento dei ghiacciai, ma nelle nostre escursioni abbiamo notate molte altre cose. Qua e là dove il ghiaccio erasi staccato dal fianco della montagna, abbiamo vedute le rocce solcate e lisce, il che prova che il ghiaccio strisciò su di esse e le ha corrose. Alla sorgente dell'Arveiron notammo che l'acqua che scorga dal ghiacciajo è carica di finissima polvere, e tutte le acque dei ghiacciai sono così. Il Rodano trasporta le materie di che è carico nel lago di Ginevra, la corrente si rallenta, le materie vengono a depositarsi e il Rodano esce dal lago limpido ed azzurro. Il lago di Ginevra come molti altri della Svizzera, si vanno così riempiendo a poco a poco ed assai probabilmente finiranno per esserne obbliterati.

219. Una parte del movimento di un ghiacciajo dipende dallo sdrucciolare della massa sul proprio letto.

220. Percorrendo il ghiacciajo ho visto dei piccoli corsi d'acqua, formatisi pel fondersi del ghiaccio, penetrare per mezzo ai crepacci ed alle fessure fino al letto del ghiacciajo. Il terriccio depositato viene così levato via, il fondo si mantiene lubrificato e lo sdrucciolare del ghiaccio diventa più facile.

221. È noto quanto il disgelo renda debole il ghiaccio che prima di liquefarsi diventa molle e pericoloso; provate questo ghiaccio col solo temperino, la lama vi si approfonda oppure taglia il ghiaccio facilmente; il ghiaccio che non sente disgelo è assai più resistente, l'uno rassomiglia a molle creta l'altro a pietra dura.

Digitized by Google

222. Nell'estate la Mer de Glace trovasi appunto sotto l'azione dello sgelo; il sole rammollisce il ghiaccio che diventa meno resistente e più facile a smuoversi. Abbiam visto che non solo il ghiacciajo sdrucciola sul proprio letto, ma che gli strati superiori sdrucciolano sugl'inferiori e il centro lungo gli strati dei fianchi. Più il ghiaccio è molle e meno resistente, più facile ne è questo spostamento e più facilmente attraverserà uno stretto come a Trélaporte.

223. Nell'inverno cessa il disgelo, la massa d'acqua che penetra al fondo del ghiacciajo è diminuita o cessa affatto; il ghiaccio fino ad una certa profondità gela solidamente. Queste considerazioni giustificano l'opinione che nell'inverno il ghiacciajo, se pure si muove, deve muoversi più lentamente che nell'estate; in ogni modo le misure prese nell'estate, non danno alcun indizio quanto al movimento dell'inverno.

224. È questo un punto che merita di essere esaminato. Non pretenderò certo che abbiate a visitare le Alpi nel cuore dell'inverno, ma supponete che io l'abbia fatto per voi, ed ora vi darò relazione fedele di quelle fredde regioni e dei movimenti del ghiaccio.

§ 32. *L'inverno sulla Mer de Glace.*

225. Abbiamo scelto un inverno rigido; c'è neve a Londra, a Parigi, a Ginevra, e presso Chamouni poi così alta da seppellire le sbarre delle strade. Nella notte di Natale del 1859 verso mezzanotte, giungo a Chamouni.

226. Per tutto il 26 dicembre nevica largamente, ma il 27 la neve si calma un po' e mi metto in cammino con

Digitized by Google

quattro buone guide e un portatore; essi ebbero la precauzione di attaccarsi sotto le scarpe una sorta di assicella per non sprofondare nella neve, ed io invece che l'ho trascurata, mi vi sprofondo spesso fino alla cintura. Quattro o cinque volte durante la nostra salita, il bianco lenzuolo si fende con esplosione quasi di tuono e la neve minaccia di precipitare in valanghe [1].

PINO COPERTO DI NEVE.

La neve caduta di recente era in quella particolare con-

(1) Nella primavera del 1863 si perdette una guida eccellente, uno de'miei arditi compagni, Giovanni Giuseppe Bennen; travolto e seppellito nella neve che si staccò in tal modo, sdrucciolò per uno di questi pendii.

Digitized by Google

dizione per la quale aderisce a tutto, i fiocchi caduti sugli alberi restavano in posto; i pini così carichi avevano strane e fantastiche forme.

227. Dopo cinque ore e mezza di ardua fatica giungemmo a Montanvert. Ci tocca disseppellire l'abbandonato albergo per entrarvi. Ho già parlato degli effetti complessi delle forze di cristallizzazione; or le figure tracciate dal gelo sui vetri delle finestre dell'albergo erano assolutamente sorprendenti; erano arbusti e fogliami innalzati da una forza costruttrice, in lotta colla forza d'adesione tra il vetro e la massa liquida nella quale lavorava. Imponente era l'aspetto del ghiacciajo, il silenzio assoluto; tacevano le cascate, che in estate rallegrano l'aria della loro musica, cambiate in colonne di ghiaccio pendenti dai margini della roccia. La superficie del ghiacciajo era manifestamente più alta di quanto lo fosse in estate, il che suggeriva l'idea che, mentre il freddo dell'inverno mantiene immobile ne'suoi confini l'estremità inferiore del ghiacciajo, le parti superiori vanno ancora discendendo ed aumentano così lo spessore del ghiaccio. Il picco dell'Aiguille du Dru era coronato da un pennacchio di nubi del quale ho già spiegato l'origine e la natura (84). (Vedi frontispizio).

228. La mattina del 28 questo pennacchio erasi fatto immensamente grande, ed illuminato dalla luce del sole nascente splendea qual fiamma; le creste della Grande Jorasse e i pinnacoli di Charmoz erano contornati da nubi rosee. Quattro uomini assicurati fra loro mediante robuste corde si calarono sul ghiacciajo; l'uno d'essi già istruito da me nel 1857 doveva piantare i pali. La tempesta aveva spazzata la neve qua e là dalla superficie del ghiacciajo, e dove questa erasi ammassata bisognava usare molta

Digitized by Google

cautela poichè spesso stanno sotto i crepacci beanti; i miei uomini sfondavano coi loro bastoni ad ogni passo. Ad un certo punto, mentre seguiva la piccola carovana col telescopio, tutto ad un tratto il primo innanzi scomparve; gli era mancato sotto ai piedi la neve che copriva un crepaccio e fu salvato dagli altri compagni che prontamente lo ajutarono e lo estrassero dal precipizio. In breve si tracciò la linea mediante il teodolite, impiantando attraverso il ghiacciajo undici pali ad uno ad uno.

229. Era impossibile il rimontare più in alto la valle, c'era troppa neve ed il tempo minaccioso, onde piantai il teodolite in mezzo ai pini un po' al di sotto di Montanvert di dove, attraverso un cannocchiale offerto dagli alberi, poteva vedere fino al di là del ghiacciajo. A quando a quando turbini di neve mi nascondevano completamente i miei uomini e bisognava aspettare i momenti di calma; fortunatamente il vento risalì la valle, oscurando l'aere, sollevando la neve del ghiacciajo, ed agitandola per lunghi tratti in nubi violentemente sconvolte separate da spazii corrispondenti ai punti dove il ghiaccio era a nudo; in mezzo a questi tormenti i miei uomini continuarono il lavoro; arditi ed intrepidi, piantarono un palo dopo l'altro fino a dieci.

230. Parecchi di questi pali erano piantati nella neve; erano lunghi quattro piedi e piantati giù alla profondità di tre piedi; nella notte ascoltando l'infuriare della tempesta ebbi a temere che prima del mattino tutto non fosse portato via e neve e pali, ma, il vento si calmò, all'alba eravamo in piedi e nevicava fitto e grosso, eran tutti fiocchi composti di quei bellissimi fiori a sei petali o di stelle a sei raggi che abbiamo già descritto (§ 9). Il tempo si ri-

Digitized by Google

schiarò alquanto e potei piantare il teodolite all'estremità della prima linea; i miei compagni discesero sul ghiacciajo ed esperti come erano, in breve rilevarono le misure; alle undici antimeridiane la prima linea era finita; la neve incominciò da capo a cadere assai fitta; verso le sommità si potevano scorgere innumerevoli pagliette brillanti per l'aere, e contro alla mia aspettazione potei sempre vedere e dirigere i miei uomini.

231. Per arrivare al posto del teodolite all'estremità della seconda linea, mi dovetti sprofondare sino al petto nella neve che pareva secca e soffice come farina; i miei uomini fecero prodigi aprendosi il cammino attraverso la neve per continuare l'opera loro, ma non piegarono punto, e dopo un certo tempo il capo dall'ultimo palo gridava: abbiamo finito; mi fece sorprese di udirne la voce così distinta; io credeva che durante il cader della neve i suoni si ammorzassero assai. Avevamo finito; smontai e riposi il mio teodolite con compiacenza pari a quella di un generale che ha vinto una piccola battaglia.

232. Rimettemmo in ordine la casa, fecimo il nostro bagaglio e sdrucciolando per le ripide chine della *Filia* precipitammo alla volta dell'Arveiron; v'era poca acqua e probabilmente il ghiacciajo non l'aveva fornita da parecchie settimane; sul principio dell'inverno le fessure erano quasi tutte piene d'acqua, e l'Arveiron d'oggi dipendeva probabilmente dal *drenaggio* graduato del ghiacciajo; ora si poteva entrare senza pericolo nella volta perchè il ghiaccio era solido quanto un marmo; la caverna era innondata di luce azzurra, era uno spettacolo magico e mi ricordava le istorie di misteriose caverne udite da fanciullo. Alla sorgente dell'Arveiron finiva la

Digitized by Google

mia visita invernale alla Mer de Glace, il mattino dopo m'incamminava per Londra.

§ 33. *Movimento della Mer de Glace nell'inverno.*

233. Ecco le misure rilevate nell'inverno del 1859:

LINEA N. I.

Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pollici	7	11	14	13	14	11	16	16	12	12	7

LINEA N. II.

Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pollici	8	10	11	16	16	16	13	17	15	11

234. Così lo spostamento della Mer de Glace nell'inverno presso Montanvert è, in cifre tonde, metà di quello d'estate.

235. Come nell'estate, il margine orientale del ghiacciajo a questo punto muovesi con maggiore celerità del margine occidentale.

§ 34. *Movimento dei ghiacciai di Grindelwald e di Aletsch.*

236. Studiando il movimento dei ghiacciai mi sono occupato principalmente della Mer de Glace, ma posso però aggiungere altre misure prese su altri ghiacciai. Presso a Grindelwald, villaggio dell'Oberland Bernese, sonvi due grandi correnti di ghiaccio dette Ghiacciajo Superiore di Grindelwald e Ghiacciajo Inferiore di Grindelwald; questo è il più frequentemente visitato. Il 6 Agosto 1860 io e il Sig. Vaughan Hawkins, piantammo una serie di dodici

Digitized by Google

pali, l'8 seguente ne misurammo lo spostamento, rappresentato per le ventiquattro ore, dalle seguenti cifre:

MOVIMENTO DEL GHIACCIAJO INFERIORE DI GRINDELWALD.

	Est.											Ovest.
Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pollici	18	19	20	21	21	21	22	20	19	18	17	14

237. Avevamo piantato il teodolite un po' al di sotto del sentiero che mena alla regione superiore del ghiacciajo e circa un miglio al di sopra dell'estremità del ghiacciajo. Fu assai difficile rilevare le misure a motivo dei crepacci.

238. Il ghiacciajo più grande della Svizzera è il grande Aletsch, attraverso il quale il 14 Agosto 1860, io e Hawkins, segnammo una serie di trentaquattro pali; misuratone lo spostamento il 16 seguente, si ebbero per le ventiquattro ore le seguenti velocità:

MOVIMENTO DEL GHIACCIAJO DEL GRANDE ALETSCH.

	Est.											
Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Pollici	2	3	4	6	8	11	13	14	16	17	17	
Palo	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Pollici	19	19	18	18	17	19	19	19	19	17	17	
Palo	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Pollici	15	16	17	17	17	17	17	17	17	16	12	12
												Ovest.

239. La velocità massima qui fu di 19 pollici (48 cent.) al giorno. Probabilmente il fianco orientale del ghiacciajo è poco profondo, e l'azione del letto del ghiacciajo fa sì che il movimento dei pali ad oriente sia quasi insensi-

Digitized by Google

bile. Il ghiacciajo qui presenta una larghezza di circa 1800 metri; il teodolite era stato collocato in alto, sulle rocce del fianco occidentale della montagna, ad un miglio e mezzo circa al di sopra del Märgelin See.

§ 35. *Movimento del Ghiacciajo di Morteratsch.*

240. Assai lungi all'est dell'Oberland, nell'Alta Engadina, sorge un gruppo di montagne assai elevate quantunque non tanto come quelle dell'Oberland, e chiamasi Piz Bernina, dal nome del picco più alto del gruppo. Da Basilea a Zurigo ed a Coira si va colla ferrovia, poi colla diligenza si varca il passo dell'Albula o quello della Julier e si scende a Pontresina, villaggio in prossimità dei monti Bernina.

241. Da Pontresina una comoda strada carrozzabile mena in Italia pel passo Bernina; a circa un'ora di cammino al di sopra del villaggio vedesi dalla strada, nel cuore delle montagne dentro una valle, stendersi un vasto ghiacciajo, e vi notate una morena mediana che dapprima stretta e appena una striscia, si estende a poco a poco fino a che copre affatto l'estremità inferiore del ghiacciajo. E non è questo un'effetto di prospettiva, poichè anche dai pendii delle montagne che alimentano il ghiacciajo si rileva lo estendersi della striscia, quantunque l'effetto prospettico da questo punto, inclinerebbe a presentare la morena che si restringe più si allontana in discesa.

242. Questa corrente di ghiaccio è il ghiacciajo di Morteratsch che finisce ad una breve ora di cammino dal villaggio di Pontresina.

243. Nell'estate del 1864 io e il signor Hirst, tracciammo

Digitized by Google

tre serie di pali attraverso il ghiacciajo, la prima attraversava il ghiaccio a monte, le altre due un po' più in basso, la terza ancor più a valle, ma però assai al di sopra dell'attuale fronte inferiore del ghiacciajo. La velocità, nelle ventiquattro ore, fu la seguente:

PRIMA LINEA.

Palo	1	2	2	4	5	6	7	8	9	10	11
Pollici	8	12	13	13	11	13	12	12	10	7	5

SECONDA LINEA

Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pollici	1	4	6	8	10	11	11	11	11	11	11

TERZA LINEA.

Palo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pollici	1	2	4	5	6	6	7	7	5	5	4

244. Paragonando fra loro queste cifre si rileva che la velocità della prima linea è maggiore di quella della seconda; la velocità di questa, maggiore di quella della terza.

245. Si lascia che queste linee si spostino per la durata di 100 ore, al finire delle quali le distanze percorse sui punti di velocità massima delle tre linee, trovansi rappresentate dalle seguenti cifre:

DISTANZE MASSIME PERCORSE IN 100 ORE.

Prima linea	56	pollici	(1^m, 40).
Seconda linea	45	»	(1^m, 12).
Terza linea	30	»	(0^m, 75).

246. Ciò dimostra che le parti superiori del Morteratsch

Digitized by Google

si avanzano sulle parti inferiori. *Nel 1871 il movimento di un punto del mezzo del ghiacciajo presso l' estremità inferiore di esso fu minore di due pollici al giorno!*

247. Quale è adunque la conseguenza di questa maggiore velocità del ghiacciajo superiore? Quella in fatto di ridurre longitudinalmente la morena mediana onde si espanda lateralmente; ecco in tal modo spiegata la causa dell'allargarsi della morena mediana.

248. Si è molto disputato per sapere se il ghiacciajo possa scavare e approfondire la valle nella quale si muove, e per provare che non è questo il caso si citò appunto il ghiacciajo del Morteratsch. Si andò ad esaminare la fronte del ghiacciajo, e trovatala sensibilmente tranquilla si è concluso che non scava il terreno. Quelli però che hanno sostenuto che i ghiacciai scavano realmente la valle, non hanno mai inteso di dire che fosse la fronte del ghiacciajo quella che compie questa opera. Nel ghiacciajo di Morterastch il lavoro di escavazione che si effettua più o meno, ma che è innegabile, deve essere maggiore in alto della valle che non sulla fine del ghiacciajo.

§ 36. *I Crepacci; riflessioni.*

249. Continuando la supposizione che noi stiamo facendo questi studii assieme, accingiamoci ad entrare in un altro campo di ricerche. Finita la giornata di lavoro sul Glacier du Géant, ripieghiamo la nostra catena e ci avviamo a casa, quando ad un tratto sentiamo sotto ai piedi un'esplosione come se partisse dal corpo del ghiacciajo; attoniti ne ricerchiamo la causa; il colpo si ripete e rapidamente si succedono altre esplosioni, ora a destra ora a sinistra, come

Digitized by Google

se il ghiacciajo si rompesse tutto intorno a noi, eppure nulla ci vien fatto di scoprire.

250. Allora ci mettiamo ad esaminare diligentemente il ghiaccio, e dopo una buona ora di ricerche troviamo che questi rumori annunciano un principio di crepaccio. Da una polla d'acqua che giace sul ghiacciajo vediamo bolle d'aria che si succedono, e ci accorgiamo che al fondo della polla si è fatta una fessura dalla quale sgorgano le bolle; a destra e a sinistra della polla si può seguire per lungo tratto la recente fessura, spesso appena discernibile tanto da non permettere l'introduzione della lama di un coltello.

251. Si dura fatica a credere che sia questo il modo col quale incominciano gl'imponenti crepacci tra i quali ci siamo aggirati con tanta cautela e con tanto timore; eppure è così. Gli immensi crepacci beanti che si trovano alle cascate del Géant e del Talèfre ed anche più in su, hanno incominciato così, come piccole fessure che si sono aperte a poco a poco fino a diventar crepacci. Impariamo con questo che apparenze le quali ci danno indizio di un'azione assai violenta, possono in realtà esser prodotte da processi assai lenti e non reperibili che dietro osservazione raffinata. Nel prodursi dei fenomeni naturali c'è sempre l'azione di due agenti, l'*intensità* della forza che agisce, e il *tempo* durante il quale agisce; supponete grande l'intensità e breve il tempo e ne risulta una subitanea convulsione; ma si può avere lo stesso apparente effetto con intensità piccola e tempo lungo. Questa verità viene ad essere dimostrata chiaramente dalle cascate di ghiaccio e dai crepacci delle alpi. Molti fenomeni geologici che a prima vista suggeriscono l'idea di violenti convulsioni, possono essere stati in realtà prodotti nello stesso quasi impercettibile modo.

Digitized by Google

§ 37. *Ghiacciuoli.*

252. I più grandi crepacci trovansi sui nevischi più alti dove qualche volta hanno l'aspetto di lunghe fessure beanti, qualche altra, di gore irregolari; all' orifizio sono illuminati da luce azzurrastra pallida, che si perde a poco a poco nell' oscuro delle profondità; ai margini di questi crepacci e principalmente dai margini meridionali pendono falde di neve, e da queste si prolungano come stalattiti, immensi denti di trasparenti ghiacciuoli lunghi 10, 20, 30 piedi; queste lance pendenti sono uno dei più bei caratteri dei crepacci superiori.

253. È chiaro che sono prodotti dal fondersi della neve. Ma come mai sciolta la neve, l'acqua che ne risulta torna a congelarsi in questa sorta di neve? Avrete visti pendere dal tetto di una casa ghiacciuoli formatisi manifestamente per lo squagliarsi della neve raccolta sul tetto; se possiamo spiegare la formazione di questi, potremo capire anche quella delle immense stalattiti dei capacci alpini.

254. Raccogliamo le nostre cognizioni e con paziente riflessione vediamo se ci è possibile stabilire una teoria dei ghiacciuoli.

255. Innanzi tutto dovete sapere che l'aria della nostra atmosfera è appena riscaldata dai raggi visibili od invisibili del sole; l'aria è assai trasparente per ogni sorta di raggi, e non sono che le poche frazioni di raggio per le quali non è trasparente, che la riscaldano.

256. Ma non è così della neve sulla quale cadono i raggi solari; questa assorbe il calore solare e quando splende il sole, vedonsi le sommità più alte delle Alpi

Digitized by Google

brillare per l'acqua della neve liquefatta; e intanto l'aria al di sopra e intorno ai monti può essere di parecchi gradi al di sotto di gelo.

257. Per assicurarvene basta passare dal sole all'ombra; con un sol passo vi portate da un posto dove il termometro è alto ad un altro dove è basso; questa differenza non dipende già dalla diversità della temperatura dell'aria, ma solo dalla sottratta azione dei raggi solari diretti sul termometro; oppure senza spostare il termometro si può dimostrare che l'aria è fredda frapponendo un diaframma che intercetta i raggi del sole.

258. Ora considerate la neve che sta sul tetto della casa; la colpiscono i raggi del sole e si squaglia, l'acqua cola fino alla gronda, poi sgocciola; se la gronda trovasi esposta al sole l'acqua resta acqua, ma se la gronda non è esposta al sole la goccia d'acqua, prima di staccarsi dalla neve donde proviene, trovasi già all'ombra; ora lo spazio che trovasi all'ombra può essere, come abbiam già visto, sotto a zero; in questo caso la goccia invece di cadere si congela e costituisce il rudimento di un ghiacciuolo; altre gocce si succedono, colano sul rudimento, vi si congelano in parte e ne aumentano la base; una parte dell'acqua scorre fino all'estremità libera del ghiacciuolo e vi si congela pur essa, prolungando così il ghiacciuolo formatosi. Nelle Alpi dove lo squagliarsi della neve è vasto, dove il freddo nelle ombre dei crepacci è intenso, i ghiacciuoli prodotti per la stessa via raggiungono naturalmente dimensioni immense. Il drenaggio della neve, cessata l'azione del sole, produce anch'esso dei ghiacciuoli.

259. È molto importante che sappiate spiegare la formazione di un ghiacciuolo, ma importa assai più che sap-

Digitized by Google

piate rintracciare la via per la quale si connettono le varie fila di quanto noi chiamiamo natura. Non potrete capire appieno un ghiacciuolo se prima non sapete che i raggi solari che possono fondere la neve e scottare la pelle dell'uomo, che gli stessi raggi concentrati che possono consumare l'organismo umano, possono anche attraversar l'aria e lasciarla a temperatura di ghiaccio.

§ 38. *Il Bergschrund.*

260. Capito questo, ritorniamo ai crepacci esaminandoli secondo l'ordine col quale si formano. Al di sopra del nevischio abbiamo i picchi e le creste ultime delle Alpi, contro i quali la neve spesso si innalza a guisa di scosceso barbacane. Sappiamo già che tanto le nevi come i ghiacciai si muovono lentamente a valle, ma d'ordinario succede che le parti più elevate del barbacane stanno aderenti così salde alla roccia, da potervisi mantenere mentre discende la parte inferiore; per tal modo si forma un crepaccio assai caratteristico, che nelle Alpi tedesche chiamansi *Bergschrund*; questo circonda il picco a guisa di una forca, quasi a difenderlo contro i tentativi degli alpinisti.

261. Esaminiamone la formazione più dappresso, ed immaginiamo quindi la neve come se fosse intatta. Le porzioni più alte pendono dalle rocce e discendono assai lentamente; ma le porzioni inferiori, sia per il maggior peso e per la maggiore profondità, sia perchè meno saldamente attaccate, si muovono con maggior celerità; ne risulta quindi uno *sforzo* che tende a separare la parte inferiore della neve dalla superiore. Per un certo tempo la coe-

Digitized by Google

sione del nevischio resiste, ma alla fine cede e si forma così una fessura esattamente perpendicolare alla direzione dello sforzo, o in altre parole *si forma un crepaccio perpendicolarmente alla linea di tensione.*

§ 39. *Crepacci trasversali.*

262. L'origine dei crepacci è la stessa tanto sui nevischi che sui ghiacciai. Per qualunque sia la causa il ghiaccio trovasi in uno stato di tensione, e siccome non può estendersi si rompe trasversalmente alla linea di tensione. Prendiamo ad esempio le cascate del Géant o del Talèfre al di sopra delle quali s'aprono immensi crepacci; supponete di toglier via tutta la neve e tutto il ghiaccio, in modo da esporre la superficie sulla quale si muovono; noi vedremmo questa superficie discendere dolcemente dal Col du Géant al posto ora occupato dal ciglio della cascata; là la superficie cadrebbe verticalmente fino al letto dell'attuale ghiacciajo del Géant, dove il pendio ritornerebbe ancora dolce.

263. Ora figuriamoci il nevischio che si muove su questa superficie; esso discende dal Col finchè arriva al ciglio or ora accennato, lo attraversa ed inclina in basso per seguire il letto, ed ora state attenti: la superficie del nevischio subisce evidentemente uno stato di tensione, si rompe e si forma un crepaccio; ciascuna nuova porzione di nevischio, giunta al ciglio, si rompe allo stesso modo e così discende per la cascata una successione di crepacci, e tra l'uno e l'altro resta una gran cresta trasversale. In conseguenza di tensioni locali sulla cascata, spesso anche tali creste si rompono per traverso e ne risultano delle

Digitized by Google

torri di ghiaccio che si chiamano *séracs*. Le creste e i séracs vengono lanciati giù dalla cascata e lo spostamento s'aumenta nella caduta.

264. Cosa succede ai piedi della cascata? Qui lo scoscendimento diminuisce d'un tratto; è chiaro che i crepacci allora non solo non s'aprono più, ma si chiudono affatto o in parte. Alla sommità della cascata la curvatura disponeva la superficie in modo da essere convessa, al basso dalla cascata la fa diventar concava; nell'un caso abbiamo *tensione*, nel secondo *pressione*; nell'un caso adunque i crepacci *si aprono*, nell'altro *si chiudono*. Questa ipotesi corrisponde esattamente ai fatti osservati.

265. Segnate coll'inchiostro sul braccio nudo e steso due punti a qualche centimetro l'uno dall'altro ed a egual distanza dal gomito, poi piegate il braccio; i punti si avvicinano e finiscono per toccarsi; supponete che i due punti rappresentino i due margini di un crepaccio al basso di una cascata; la flessione del braccio rassomiglia a quella del ghiaccio, e il chiudersi dei punti segnati rassomiglia al chiudersi delle fessure.

266. Le stesse osservazioni si applicano a diverse parti della Mer de Glace. In certi siti l'inclinazione varia, e passando dall'una all'altra, sulla linea di separazione il ghiacciajo si rompe; così si formano i crepacci trasversali. In faccia all'Angle c'è uno di questi cambiamenti di inclinazione, e un altro simile ma più grande in cima al Glacier des Bois; la Mer de Glace quindi è insorpassabile al primo punto, al secondo è tormentata e sconvolta nella guisa che abbiam detto e descritto; al di sopra dell'Angle e ai piedi del Glacier des Bois, il pendio diminuisce, i crepacci si chiudono e il ghiacciajo ritorna continuo e compatto.

Digitized by Google

§ 40. *Crepacci marginali.*

267. Or dunque, supponendo che non ci siano cambiamenti di inclinazione, non ci saranno crepacci? Ne avremo certo di meno, ma non scompariranno completamente; sonvi altre circostanze che fanno subire al ghiaccio uno stato di tensione e ne determinano la frattura, e la principale fra queste è il movimento più rapido del centro del ghiacciajo.

268. I lavori di un'uomo eminente ora perduto alla scienza, W. Hopkins di Cambridge, ci permettono di spiegare questo punto; soddisfazione che sarebbe rafforzata se potessimo prevedere le apparenze illusorie ed incerte che cadono sotto la spiegazione. Io vorrei portarvi con me a Basilea, indi a Thun, a Interlaken e di là a Grindelwald in faccia al Wetterhorn ed all'Eiger e ai maggiori picchi dell'Oberland Bernese, il Finsteraarhorn, lo Schreckhorn, il Monch, e la Jungfrau; a Grindelwald come abbiam detto sonvi due ghiacciai ben noti, l'Ober Grindelwald e l'Unter Grindelwald; cominceremo le nostre osservazioni da quest'ultimo.

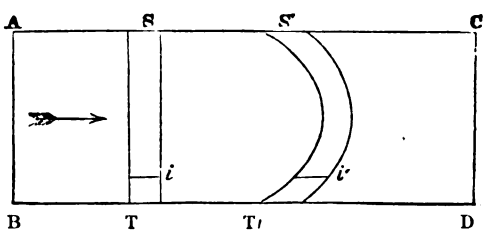
269. Dal villaggio discendiamo al fondo della valle, risaliamo il lato opposto della montagna, e lasciando a sinistra i grandi precipizi calcari del Wetterhorn, arriviamo a un sentiero donde godiamo la vista del ghiacciajo. Qui possiamo vedere belli esempi di crepacci che si aprono al sommo di un ciglio e che si chiudono ai piedi di esso; ma il punto di maggior interesse sono i crepacci che si formano sui lati di questo ghiacciajo, i crepacci marginali.

270. Qui il lato del ghiacciajo è assai frastagliato anche

Digitized by Google

dove il centro è compatto, notando che le fessure non corrono nè nella direzione del ghiacciajo nè sono trasversali ad esso, ma che sono disposte in senso obliquo, ad un angolo di circa 45 gradi coi margini; veduti da questo margine i crepacci sembrano risalire il ghiacciajo o, in altra parola, le estremità delle fessure che vengono a risultare contro alla montagna sembrano stirate in basso; meno edotti di quanto lo siete ora intorno ai ghiacciai, l'aspetto di queste fessure disposte così vi potrebbe far credere che il centro del ghiacciajo resta in addietro sul movimento più celere dei lati.

271. Tale infatti è stata la conclusione di Agassiz prima ch'egli misurasse il movimento dei margini e del centro del ghiacciajo dell'Unteraar; famigliare coi problemi di meccanica, Hopkins trovò che l'obliquità dei crepacci laterali doveva desumersi invece dal movimento più celere del centro, ed ora vi spiegherò il come.



272. Siano A C e B D i due lati del ghiacciajo; la freccia indica la direzione del movimento; S T è una porzione trasversa del ghiacciajo presa perpendicolarmente alla direzione della freccia. Fra qualche giorno o qualche settimana troveremo questa sezione portata più in giù, e siccome il centro si muove con maggiore celerità dei lati,

Digitized by Google

non sarà più disposto in linea retta, ma s'incurverà nella forma S' T'.

273. Supponiamo T *i* un piccolo quadrato della sezione originale presso a un margine del ghiacciajo; più tardi assumerà la forma di losanga T' *i'*. Consideriamo ora la diagonale T *i* del quadrato; nella posizione inferiore questa diagonale si allungherebbe in T' *i'* *se il ghiaccio potesse subire distensioni;* ma siccome il ghiaccio non si allunga, si rompe, e ne risulta un crepaccio perpendicolare alla linea T' *i'*. Guardate il diagramma e vedrete che il crepaccio si dirige obliquamente a monte del ghiacciajo.

274. Lungo tutto il margine del ghiacciajo la velocità maggiore del centro determina una tensione simile, e ne risulta che i due margini sono frastagliati da questi crepacci obliqui anche nei punti dove il centro non ne presenta.

275. È curioso il vedere in altri punti le fessure trasversali del centro che si uniscono con quelle dei margini, in modo da formare dei grandi crepacci curvi che si distendono dall'uno all'altro lato del ghiacciajo; la convessità della curva è volta a monte, come insegnano i principii della meccanica (Vedi la figura qui contro); ma se siete digiuni di tali principii l'aspetto di queste curve non vi suggerirà mai la conclusione che è più veloce il movimento del centro; nei franamenti, e negli smovimenti di fango quasi indurito, non vi sarà difficile riscontrare altrettanto.

§ 41. *Crepacci longitudinali.*

276. Così abbiamo spiegata l'origine dei crepacci trasversali e marginali; ma quando un ghiacciajo sbocca da

Digitized by Google

una gola su un piano relativamente meno inclinato che gli permette una libera espansione laterale, il movimento del corso di ghiaccio si arresta in parte, e la porzione che riposa sul piano deve subire la pressione delle parti più scoscese posteriori. Qui la linea di questa pressione è in direzione del ghiacciajo, mentre la linea perpendicolare a questa è di tensione. Il ghiacciajo si rompe perpendi-

CREPACCI CURVI. IL GHIACCIAJO MUOVESI DA SINISTRA A DESTRA.

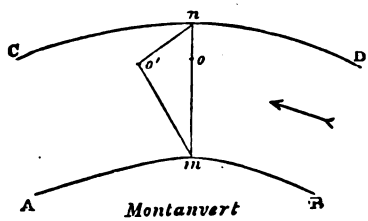
colarmente a quest'ultima, e così si formano i crepacci longitudinali.

277. Troviamo esempi di questa sorta di crepacci, nella parte inferiore del Glacier du Rhône, osservato dal Grimsel Pass o da un punto qualunque delle montagne circostanti.

Digitized by Google

§ 42. *Crepacci in relazione colla curva del ghiacciajo.*

278. Ora ci resta ad esaminare un'altro punto che vi sarà assai facile di capire dopo quanto vi ho detto fin qui. Ricorderete che fin dal principio delle nostre ricerche, quando attraversammo la Mer de Glace dal Chapeau a Montanvert, vi ho fatto osservare che il lato Chapeau presentava una maggior quantità di fessure che non il centro del ghiacciajo o il lato Montanvert (75). E per qual ragïone? Or che sappiamo che il lato Chapeau del ghiacciajo muovesi più veloce dell'altro, e che il punto di velocità massima giace non già al centro ma più lungi all'est, non abbiamo titubanza per dare una spiegazione esatta.



279. *A B* e *C D* nell'unito diagramma sono i due lati curvi della Mer de Glace a Montanvert; *m n* è una linea diritta che attraversa il ghiacciajo, *o* il punto di velocità massima. Le condizioni meccaniche dei due lati del ghiacciajo si possono spiegare così: supponiamo che *m n* sia un cordone elastico colle estremità *m* ed *n* fisse; prendete questo cordone col pollice e l'indice al punto *o* e stiratelo fino in *o'*, mantenendo costante la distanza fra *o'* e il lato *C D*. La distanza *n o* del cordone sarà diventata *n o'*, e

Digitized by Google

la lunghezza $m\ o$ sarà diventata $m\ o'$; si vede manifestamente che l'allungamento della linea più breve relativamente alla lunghezza di essa, è maggiore di quella della linea più lunga relativamente ancora alla lunghezza di essa; in altre parole la tensione subita da $n\ o'$ è maggiore di quella subita da $m\ o'$; così che se la tensione dovesse agire fino a rompere una di queste linee romperà la più breve.

280. Queste due linee rappresentano lo stato di tensione esercitata sui due lati del ghiacciajo; questi lati vengono trattenuti, il centro si avanza e ciò determina una tensione fra il centro e i lati; ma lo spostamento del punto di velocità massima per la curva della valle, fa sì che la tensione esercitata sul ghiaccio verso oriente sia maggiore di quella sul ghiaccio del margine occidentale. Ecco perchè i crepacci del lato orientale del ghiacciajo sono più numerosi di quelli ad occidente.

281. Da qui la difficoltà di percorrere il margine orientale della Mer de Glace, difficoltà che ci ha determinati ad attraversare il ghiacciajo in faccia a Montanvert. Sonvi due curve convesse sul margine orientale per una sul margine occidentale, onde tutto sommato, il lato occidentale della Mer de Glace è il più frastagliato e difficile.

§ 43. *Morene, tavole del ghiacciajo e coni di sabbia.*

282. Allorchè attraversammo per la prima volta la Mer de Glace da Trélaporte al Couvercle, trovammo che le strisce di rocce e di ruderi che costituivano le morene mediane, erano creste alte in alcuni punti venti o trenta piedi sul livello generale del ghiacciajo; esaminando tali

Digitized by Google

creste trovammo che i rottami non costituiscono che uno strato superficiale che riposa su di una grande spina di ghiaccio che corre lungo il dorso del ghiacciajo. D'onde e come venne sollevata questa cresta di ghiaccio?

283. Molti di voi avranno letto che Franklin dispose, in un giorno di sole, diversi pezzetti di stoffa di varii colori su di uno strato di neve, e che i pezzetti di color più oscuro s'approfondarono nella neve più degli altri.

284. Ora consideriamo questo esperimento. I raggi del sole cadono sulla superficie superiore della stoffa e la scaldono; il calore vien trasmesso attraverso la stoffa alla superficie inferiore, da questa alla neve la quale si scioglie per azione del calore; è evidente che la quantità di neve che si scioglie dipende dalla somma di calore trasmessa dalla superficie superiore della stoffa all'inferiore.

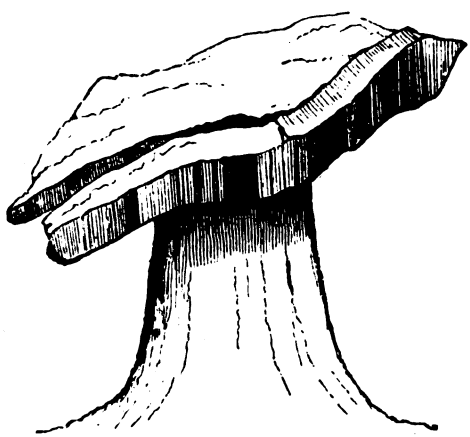
285. Il panno è un cattivo conduttore ossia non si lascia attraversare facilmente dal calore; ma quando questo non ha da attraversare che lo spessore di un sol pezzo di panno, ne oltrepassa una buona quantità. Raddoppiate, triplicate o quintuplicate lo spessore del panno, oppure disponetene parecchi pezzi uno sull'altro, arriverete al punto che dalla superficie superiore all'inferiore non si trasmetterà quantità alcuna apprezzabile di calore.

286. Che avverrà se metterete sulla neve esposta ai raggi cocenti del sole un pezzo di panno così denso, oppure una serie di tali pezzi? La neve intorno al panno si scioglie e quella che si trova sotto al panno resta difesa; se l'azione del sole si prolunga, ne risulta che il livello della neve intorno al panno si abbassa e che il pezzetto di panno resta sollevato su di un'eminenza di neve.

Digitized by Google

287. Capito questo siete già in grado di capire la causa delle creste costituite dalle morene. Non sono già prodotte da ghiaccio che si solleva, bensì da quel tanto di ghiaccio che, protetto contro i raggi del sole dalle rocce e dai ruderi, resta sollevato come cresta, sul ghiacciajo che si fonde a destra ed a sinistra.

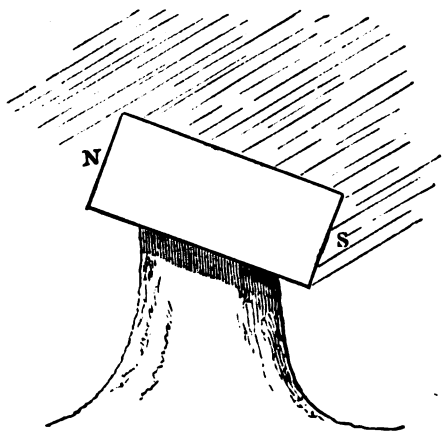
288. Si possono spiegare nello stesso modo diversi altri accidenti che si affacciano sul ghiacciajo. Qui sulla Mer de Glace troviamo qualche volta delle tavole di roccia sostenute da colonne di ghiaccio; sono queste le così dette tavole del ghiacciajo, e sono prodotte non già dall' emergere di uno stelo di ghiaccio sul piano del ghiacciajo, ma dal fondersi del ghiacciajo intorno al ghiaccio difeso dalla pietra. Ecco la figura di una delle tavole della Mer de Glace.



289. Notate che assai di rado una di queste tavole tro-

Digitized by Google

vasi a piombo sulla base che la sostiene, ma inclina generalmente da un lato, e l'osservazione ripetuta c'insegna che questa inclinazione segna sempre la linea nord-sud del ghiacciajo. Il sole infatti al sud dello zenith a mezzogiorno, manda i raggi all'estremità meridionale della tavola mentre l'estremità nord resta in ombra; l'estremità sud allora, maggiormente riscaldata, non difende il ghiaccio



sottoposto, come l'estremità nord; la tavola inclina e finisce per sdrucciolare giù dal piedestallo.

290. In quest'altra figura abbiamo una di queste tavole ideali. Le linee obblique rappresentano la direzione dei raggi solari, e il conseguente inclinarsi della tavola corrisponde qui a quel che si osserva di fatto sui ghiacciai.

291. Un ciottolo non resterebbe così sollevato; come il pezzetto di panno di Franklin, un ciottolo di colore oscuro s'approfonda nel ghiaccio, una mota di terra nera pari-

Digitized by Google

menti si approfonda, e diverse parti del ghiacciajo del Géant sono bucati così dallo approfondarsi di tali mote di terra nel ghiaccio.

292. Ma quando la mota è abbastanza densa da difendere il ghiaccio, il caso è diverso. Spesso una corrente d'acqua trascina con sè le sabbie dei monti o delle morene e le sparge qua e là sul ghiacciajo; ne risulta un fatto assai curioso: il tratto cosparso di sabbia si solleva, ed emerge di più lo spazio dove lo strato di sabbia è più denso, si producono così dei piccoli picchi e delle eminenze e, quando la distribuzione della sabbia è favorevole e l'azione abbastanza prolungata, si hanno delle piccole montagne o sole o raggruppate e che ricordano le catene delle Alpi. I coni di sabbia della Mer de Glace non hanno nulla di singolare, ma sul Görner, sull'Aletsch, sul Morteratsch e su altri ghiacciai, si trovano isolati od in gruppi qualche volta dell'altezza di otto, dieci, venti piedi.

§ 44. *I Mulini del ghiacciajo.*

293. Ci è noto per lunga esperienza il carattere della Mer de Glace; l'abbiamo percorso con nuovo scopo di studio ogni giorno, senza per questo chiuder gli occhi al resto che ci si presentava. Le cose osservate per incidenza mentre l'attenzione nostra è occupata d'altro, ci suggeriscono nuovi argomenti di studio nelle ricerche scientifiche.

294. Camminando per esempio sul ghiaccio presso a Trélaporte, spesso ci colpì un rumore come di tuono lontano; più tardi ne abbiam cercata la ragione e l'abbiamo trovata.

Digitized by Google

295. Una grande area di questa parte di ghiaccio è tutta unita e senza crepacci; i piccoli fili d'acqua vi formano dei ruscelli che si uniscono a formare torrenti i quali qualche volta scavano nel ghiaccio profondi canali; tosto o tardi questi corsi d'acqua arrivano a un punto dove il ghiacciajo ha subita una tensione, dove s'è formata una fessura che taglia la strada all'acqua, la quale trova aperta la via al fondo del ghiacciajo; l'azione prolungata della corrente d'acqua scava un buco, e la fessura diventa l'origine di un imbuto del quale non si vede il fondo e dove l'acqua si precipita col rumoreggiar di tuono.

296. L'imbuto e la cataratta formano per tal modo il così detto *moulin* o mulino del ghiacciajo.

297. Assicuratevi con una mano e spingete lo sguardo giù nel profondo di questo pozzo pieno di luce azzurastra; è bello lo spettacolo ma terribile; più di un incauto vi perì; un secondo o due di capogiro è la morte è inevitabile, onde la cautela sui ghiacciai e pei monti deve essere una seconda natura per chi vi si aggira esplorando come noi.

298. La fessura nella quale si precipitava in principio l'acqua formando il *moulin*, si muove e discende in basso insieme al ghiacciajo; una nuova parte di ghiaccio arriva al punto dove si esercita la tensione; allora si forma un altra fessura al di sopra del mulino il quale viene così abbandonato dalla corrente d'acqua, e continua a discendere ma pozzo vuoto. Qui sulla Mer de Glace più innanzi del Grand Moulin ne troviamo di questi pozzi abbandonati non meno di sei; alcuni hanno una profondità di 90 piedi (27 metri).

299. Vediamo se è possibile di determinare la profondità della Mer de Glace; ce ne offre l'opportunità il Gran Moulin.

Digitized by Google

Un primo tentativo per sondare il Moulin non riesce, perchè l'impeto delle acque ci rompe la corda della sonda; i marinari mettono un po' di grasso nel cavo di un peso per giudicare del fondo del mare; facciamo così noi pure, ma la nostra sonda discesa a 163 piedi (49 metri 55) non toccò il letto del ghiacciajo.

300. Abbiamo tenuto dietro al progredire del Gran Moulin dal 28 di luglio all'8 di agosto; alla prima data ne determinammo la posizione; il 31 luglio era disceso di 50 pollici; (1 metro 265); un po' più di un giorno dopo erasi mosso di 74 pollici (1.^{m}872); l'8 agosto lo spostamento era di 198 pollici (5.^{m}009), il che dà una media di circa 18 pollici (0.^{m} 455) per ventiquattro ore. Certo nel prossimo estate si troverà sulla Mer de Glace un Gran Moulin che rumoreggia presso Trélaporte, ma, come il crepaccio del Gran Plateau del quale già parlammo (§ 16), non sarà il *nostro* Moulin. Questo o piuttosto il ghiaccio nel quale era scavato, trovasi ora probabilmente oltre un miglio più a valle di quel che era nel 1857.

§ 45. *Cambiamento di volume dell' acqua per l'azione del caldo e del freddo.*

301. Abbiamo trovato sul ghiacciajo dei pozzi e dei fori pieni d'acqua del più bel colore azzurro; alcuni non erano che pozzi di estinti mulini chiusi in fondo. Per spiegarli fu emessa una teoria la quale, quantunque non regga, apre il campo, riguardo alle proprietà dell'acqua, a considerazioni che ci devono essere famigliari.

302. Allorchè abbiamo fatta la sezione del ghiaccio del lago con un raggio di calore (§ 11), abbiamo osservato

Digitized by Google

dei piccoli punti vacui ai centri dei fiori liquidi formati dal raggio; abbiamo spiegati questi vani dicendo, che quando il ghiaccio si fonde, l'acqua che ne risulta è di un volume minore del ghiaccio e che per tanto l'acqua del fiore non bastava ad occupare tutto lo spazio occupato dal fiore.

303. Spieghiamoci un po' meglio. Turiamo ermeticamente una piccola ampolla e attraverso il turacciolo introduciamo un sottil tubo di vetro; non è difficile introdurre dell'acqua nell'ampolla in modo che il liquido arrivi a un certo livello nel tubo di vetro.

304. Ora esponete l'ampolla alla fiamma di una lampada ad alcool; da prima si osserva un momentaneo abbassarsi del liquido nel tubo di vetro, il che dipende dall'espansione momentanea dell'ampolla per effetto del calore.

305. Ma la dilatazione dell'acqua raggiunge tosto e sorpassa quella dell'ampolla, e vedesi la colonna di liquido innalzarsi immediatamente nel tubo come si innalza la colonna di mercurio nel tubo di un termometro che si riscalda.

306. Il tubo che adoperiamo noi è lungo dieci pollici, in principio dell'esperimento l'acqua arrivava all'altezza di cinque pollici; ora manteniamo l'ampolla sulla fiamma finchè l'acqua arrivata all'orifizio del tubo si riversa fuori. Questo esperimento basta a dimostrare che l'acqua si dilata per azione del calore.

307. Prendiamo un bicchiere comune, vi mettiamo dentro un poco di ghiaccio pesto e del sale e vi posiamo su l'ampolla circondandola della stessa miscela frigorifera; la colonna di liquido si abbassa nel tubo, il che prova che il liquido si contrae per azione del freddo, e lasciamo

Digitized by Google

continuare per alcuni minuti questo contrarsi, osservando che il liquido si abbassa sempre più lentamente finchè si ferma affatto.

308. Osservate adesso la colonna liquida; resta immobile per una frazione di minuto, poi ritorna a muoversi, ma questa volta *salendo* invece di abbassarsi. *Qui la miscela frigorifera agisce precisamente come la fiamma.*

309. Si potrebbe anche far passare un termometro pel turacciolo e farlo pescare nel liquido, allora si avrebbe la temperatura esatta alla quale il liquido cessa di contrarsi ed incomincia ad espandersi. Vedemmo che in questo punto la temperatura del liquido è a 39° F. (4° cent.).

310. A questa temperatura l'acqua raggiunge *la densità massima.*

311. Alcuni gradi al di sotto ossia a 32° F. (0° cent.), il liquido incomincia a solidificarsi in cristalli di ghiaccio, il quale come sapete surnuota sul liquido perchè occupa maggior volume a peso eguale. Infatti questa sosta delle molecole avvicinandosi a 39° F. (4° cent.), non è che un tempo per prepararsi alla susseguente cristallizzazione, durante la quale la dilatazione per azione del freddo è al massimo. Fino al punto di solidificazione l'aumento di volume si fa a poco a poco e lentamente, mentre nell'atto di solidificazione è subitaneo e di forza irresistibile.

312. Fu appunto questa forza di espansione che fece scoppiare la sfera di rame a pareti grosse quasi tre quarti di pollice dell'Accademia di Firenze. Mediante la stessa forza il celebre astronomo Huyghens nel 1667, fece scoppiare dei cannoni di ferro a pareti grosse un dito. Tali esperimenti furono di poi ripetuti parecchie volte; il mag-

Digitized by Google

giore Williams in un rigido inverno a Quebec, fece riempire d'acqua un mortajo chiudendone la bocca con un tampone di legno; esposto ad una temperatura di 50° F. (— 27° cent.), il metallo resistette alla pressione, ma il tampone venne lanciato alla distanza di 400 piedi (122 metri). A Varsavia si fecero scoppiare delle granate a questo modo; noi stessi abbiamo ridotto in pezzi delle bombe di grosso spessore, lasciandole per mezz'ora immerse in una miscela frigorifera.

313. Ora ecco la teoria dei buchi e dei pozzi cui abbiamo accennato al principio di questo paragrafo: l'acqua della superficie del pozzo è scaldata dal sole, poniamo a 39° F (+ 4° cent.); l' acqua del fondo in contatto col ghiaccio deve essere a 0° o poco più; l'acqua più pesante trovasi adunque in alto; discenderà al fondo dove fa sciogliere il ghiaccio aumentando così la profondità del pozzo.

314. La circolazione qui indicata ha luogo senza dubbio e ne dipendono effetti curiosi, ma non già credo quello che ora le abbiamo attribuito. Quando un pozzo, diventa *più profondo*, indica con questo uno sciogliersi più rapido del fondo che non delle superficie del ghiacciajo; non è facile il trovare come mai i raggi solari assorbiti dall'acqua e per essa trasportati al fondo del pozzo abbiano a far sì che il fondo stesso si sciolga più rapidamente del ghiaccio che riceve l'azione diretta dei raggi solari. La superficie del ghiacciajo deve abbassarsi altrettanto rapidamente *almeno*, del fondo del pozzo, in guisa che la circolazione, quantunque esista in realtà, non possa produrre l'effetto che le si ascrive.

Digitized by Google

§ 46. *Conseguenze che risultano dalle proprietà ora dette dell'acqua. Errori corretti.*

315. Aveva press'a poco la vostra età, quando venni a sapere la proprietà che ha l'acqua di cessare di contrarsi a + 4°, e mi ricordo ancora quanta impressione m'abbia fatta questa legge, tanto più quando mi si domandò di esaminare cosa accadrebbe, nel caso che cessasse di esistere questa solitaria eccezione a una legge d'altronde universale.

316. Mi si domandò di riflettere sulle condizioni di un lago ricco di pesci, la superficie del quale venisse esposta a un vento freddissimo; io intravidi subito che l'acqua tosto raffreddata diminuirebbe di volume e sarebbe più pesante, che precipiterebbe quindi al fondo e che vi si sostituirebbe l'acqua più calda e più leggiera degli strati profondi del lago.

317. Allora mi si fece osservare, che senza la legge della quale parlammo or ora, questo processo di circolazione continuerebbe finchè tutta l'acqua del lago sarebbe discesa alla temperatura di gelo, allora incomincerebbe il congelamento e continuerebbe fino a che ci fosse acqua da solidificare; se ne avrebbe per conseguenza la morte d'ogni essere vivente contenuto nel lago, e si aggiungerebbero altri danni, i quali tutti sarebbero prevenuti da questa disposizione affatto eccezionale, che dopo un certo tempo l'acqua *più fredda* diventa *più leggiera*, galleggia alla superficie del lago e vi si congela, formando così una superficie che basta a proteggere la vita che le sta sotto.

318. Il conte Rumford uno degli uomini di scienza più po-

Digitized by Google

sitivi che si conoscono, si esprime così intorno a quest'argomento: « Io non credo che, all'infuori di questo meraviglioso fenonemo, ci sia altro accessibile all'umana sagacità entro i vasti limiti del visibile creato che possa dare prova più eloquente e migliore della sapienza del Creatore e della cura particolare ch'egli ebbe nella disposizione generale dell'universo, onde preservare la vita animale.

319. « Mi appello all'attenzione de' miei lettori, intanto ch'io mi sforzerò di elucidare questo interessantissimo argomento, e mi si permetta al tempo stesso d'invocare la loro buòna fede ed indulgenza. Io sento il pericolo cui si espone il mortale che ha la temerità di spiegare i disegni della immensa sapienza. L'impresa è avventurosa ma non può dirsi impropria.

320. « Se la provvidenza non fosse intervenuta in quest'occasione in modo che si può ben dire *miracoloso*, tutta l'acqua dolce che trovasi nel circolo polare sarebbe inevitabilmente gelata a grande profondità nell'inverno, ed ogni pianta, ogni albero vi sarebbero periti. »

321. Per molte pagine ancora Rumford continua a spiegare le vie e le intenzioni dell'Onnipotente, e non esita a stigmatizzare di induriti ed infimi coloro che non condividono le sue idee. Questo c'insegna un fatto troppo spesso dimenticato, che il piacere o la consolazione che ci viene da una credenza, il calore o l'esaltamento dei sentimenti che produce, non sono garanzie della verità di essa. Infatti tutto il diletto e l'entusiasmo che inspirava a Rumford questo argomento, tutta l'ira sua contro coloro che non dividevano le sue opinioni, hanno per fondamento un'errore.

322. L'acqua *non* è un' eccezione isolata ad una legge d'altronde generale; vi sono altre molecole all'infuori di

Digitized by Google

quelle dell'acqua che occupano maggior spazio nello stato solido di cristallo che non nello stato molle. Ne è un esempio il ferro; il ferro solido galleggia sul ferro in fusione precisamente come il ghiaccio galleggia sull'acqua; il bismuto ne è un altro esempio eloquente, e noi potremmo far scoppiare una bomba colla solidificazione del bismuto come con quella dell'acqua. Qui non c'è da preoccuparsi della vita dei pesci, eppure la regola è la stessa.

323. Non li indicherò allo stesso modo di Rumford, ma mi si dice che ai nostri giorni sonvi uomini che professano di trovare i conforti di una religione in una superstizione inferiore a tutte quelle che fino ad ora avvilirono la mente dell'uomo incivilito. Così la *felicità* e la *verità* di una fede sono due cose affatto diverse.

324. La vita e le condizioni della vita sono in necessaria armonia; è questa una verità evidente, perchè senza condizioni convenienti la vita non potrebbe esistere; ma tanto la vita che le condizioni di essa ci dimostrano egualmente l'azione di un potere imperscrutabile; noi non ne conosciamo nè l'origine nè il fine, e la presunzione, per non dire la degradazione, resta con quelli che pongono sul trono dell'universo l'immagine ingrandita di loro medesimi, e che delle azioni di quello non fanno che una colossale imitazione delle loro proprie.

§ 47. *Meccanismo molecolare del congelamento dell'acqua.*

325. Ed ora ritorniamo ai nostri argomenti. Come ci dobbiamo figurare questo processo di dilatazione dell'acqua che si congela? Per quale processo le molecole richiedono con forza tanto irresistibile, maggior spazio nello stato

Digitized by Google

sotido che nello stato adjacente liquido? Nei casi di simil sorta noi dobbiamo derivare i nostri concetti dal mondo dei sensi, e trasferirli poi in un altro mondo al di là della portata dei sensi.

326. Ricordatevi quanto abbiamo detto riguardo ai *poli atomici* (§ 10), ricordatevi del come l'idea di forza polare venne ad essere applicata ai cristalli; non vi sarà ora difficile di capire in qual modo l'aumento di volume debba accompagnare l'atto di cristallizzazione.

327. Eccovi diverse calamite; come materia hanno peso, e se fossero perfettamente libere si muoverebbero l'una verso l'altra obbedendo all'attrazione di gravità.

328. Ma queste non sono solo materia, sono anche materia *magnetica*; non solo agiscono l'una sull'altra per semplice forza di gravità, ma anche per forza polare di magnetismo. Supponiamole disposte ad una certa distanza l'una dall'altra e supponiamole perfettamente libere di muoversi; dapprima si fa sentire la forza di gravità e vengono attirate l'una verso l'altra; per un certo tempo la forza magnetica che emana dai poli resta insensibile, ma ad una certa vicinanza si fa sentire anche la forza polare; i punti che si attirano reciprocamente vengono a contatto, quelli che si respingono si scostano, e facilmente si vede che questa azione produce una disposizione tale delle calamite che queste richiedono maggior spazio. Supponiamo che siano racchiuse in una scattola che le circonda esattamente allorquando incomincia ad agire la forza polare; si capisce facilmente che nella disposizione che devono assumere, gli angoli e le estremità respinte delle calamite devono premere contro le pareti della scattola ed anche schiantarle, se le forze superano la resistenza.

Digitized by Google

329. Ecco un concetto che si può applicare alle molecole dell'acqua; come le calamite, subiscono l'azione di due forze distinte; per un certo tempo, intanto che il liquido si raffredda, si avvicinano le une alle altre obbedendo alla legge generale di attrazione fra di esse, ma a un certo punto entrano in azione nuove forze, alcune di attrazione, altre di repulsione *emananti da punti speciali* delle molecole; i punti che si attirano si mettono a contatto, quelli che si respingono si scostano. Così le molecole si aggirano e prendono una nuova disposizione, richiedono, per questo, maggior spazio, e nel conseguirlo soverchiano coll'energia d'azione ogni ordinaria resistenza. Tale è, in termini generali, la spiegazione della dilatazione dell'acqua che si congela, e non sarebbe difficile costruire un apposito apparecchio per dimostrarla.

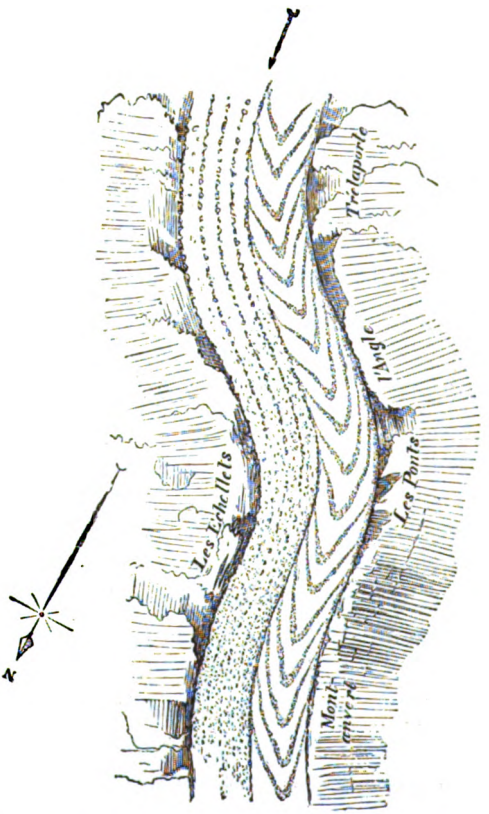
§ 48. *Le strisce terrose della Mer de Glace.*

330. Allorchè si passa dal sole limpido ad una camera moderatamente illuminata, per un certo tempo, tutto pare scuro e non si arriva a distinguer bene gli oggetti che ci circondano; il nervo ottico, percosso vivamente dalle onde di luce (§ 3), si intorpidisce e gli abbisogna un po' di tempo prima di riprendere la solita sensibilità.

331. Ed è appunto per questo che scelgo quest'ora per la vostra speciale osservazione sulla Mer de Glace. Il sole è già scomparso dietro la cresta di Charmoz, e la superficie del ghiacciajo trovasi illuminata da moderata ombra. La principal parte del còmpito di questa giornata è finita, ma pur ci resta abbastanza energia e buona volontà, da salire i pendii vicini a Montanvert fino all'altezza di mille piedi circa sul livello del ghiacciajo.

Digitized by Google

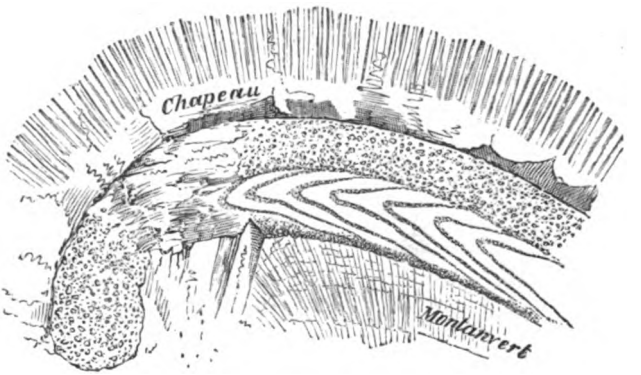
332. Colà giunti gettiamo giù uno sguardo sul ghiacciajo, e lo vediamo meno breve che non guardandolo dal Montanvert, notiamo le terre di che è sparso il lato orientale



e che sono costituite dall'ammassarsi delle morene mediane, notiamo la superficie del ghiacciajo del Géant alquanto più libera, ma vi notiamo altresì un qualche cosa che ci si presenta per la prima volta; il ghiacciajo è attraversato

Digitized by Google

da una serie di strisce grigie, curve, che si succedono da



Sorgente dell'Arveiron

Trélaport in giù; dal posto dove siamo ne possiamo contare diciotto. Vedi fig. a pag. 180.

333. Sono queste le strisce terrose della Mer de Glace osservate per la prima volta dal professore Forbes nel 1842.

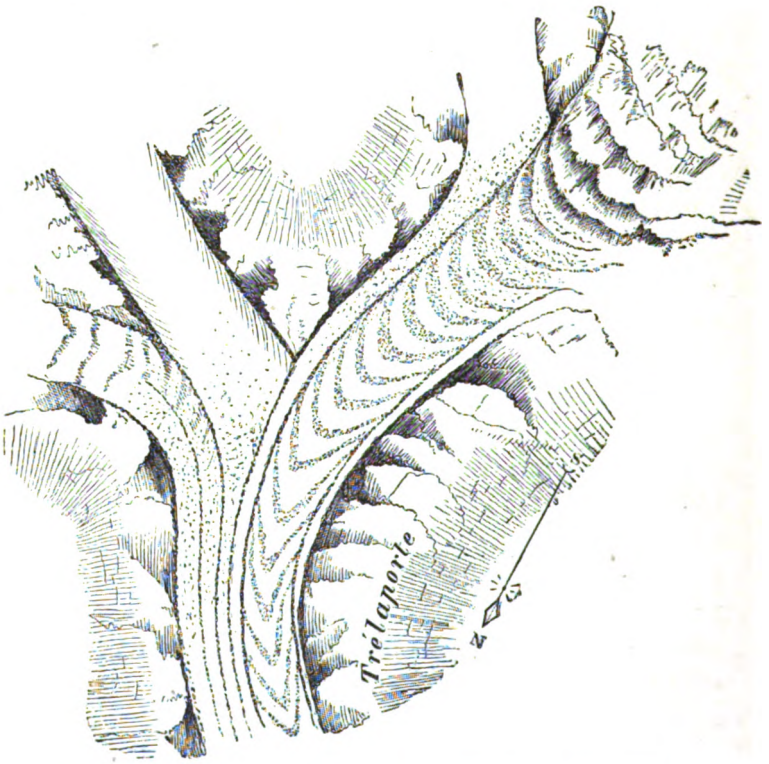
334. Si estendono al basso del ghiacciajo più in là di quel che possiamo vedere; attraversando la valle di Chamouni e risalendo la montagna dal lato opposto fin presso il piccolo albergo detto la Flégère, si può dominare l'estremità del ghiacciajo, si vede completarsi la serie delle strisce, e notiamo che sono limitate interamente alla parte del ghiacciajo che viene dal Col du Geant. Vedi la fig. qui sopra.

335. Risaliamo all'origine di esse. Abbiam visto quale splendido panorama si abbia del ghiacciajo e del Col du Geant, dalla stazione della Fessura al di sopra di Trélaporte. Andiamo lassù e di là vedremo la serie delle strisce che si estende fino al Montanvert in basso e fino alla base della cascata di ghiaccio del Glacier du Geant in sù. E

Digitized by Google

chiaro che nella formazione di queste strisce c' entra la cascata. V. la fig. qui sotto.

336. E in qual modo? Il ghiacciajo, come sappiamo, è spezzato trasversalmente alla sommità della cascata di



ghiaccio, e discende il pendio formando una serie di grandi creste trasversali; ai piedi della cascata i crepacci si chiudono, ma le creste restano in parte, formando delle saglienze che percorrono il ghiacciajo, come immense rughe; queste saglienze si fanno sempre più curve in

Digitized by Google

causa della velocità maggiore del centro, e le depressioni che stanno fra l'una e l'altra servono di ricettacolo e di deposito al poco fango e ai frantumi trasportati giù dai rigagnoli che scendono dai vicini pendii.

337. Le saglienze si abbassano a poco a poco sotto l'azione fondente del sole, tanto che molto prima di Trélaporte sono affatto scomparse. Non succede così delle materie terrose che vi si sono deposte, le quali continuano ad occupare in strisce trasversali la superficie piana del ghiacciajo; anzi a Trélaporte ove la valle si restringe, queste strisce diventano molto più distinte ed assumono il carattere che serbano poi lungo la Mer de Glace. Trovansi strisce simili anche in altri ghiacciai con cascate.

§ 49. *Ghiacci di mare ed Icebergs.*

338. Ora eccoci abbastanza forniti di cognizioni per intraprendere una campagna su altro territorio. L'acqua che contiene del sale in soluzioue è più densa e pesante e si congela più difficilmente, l'acqua di mare è quindi più densa dell'acqua dolce; l'Oceano di Groenlandia non gela che ad una temperatura di due gradi circa più basso del gelo d'acqua dolce; concentrata al peso specifico di 1.1045, l'acqua di mare non gela che a — 10,18° centigradi [1].

339. Ma anche quando l'acqua è satura di sale, la forza di cristallizzazione rigetta tutto il sale e tutta si applica a congelare l'acqua sola; ond'è che il ghiaccio d'acqua

[1] Scoresby.

Digitized by Google

di mare sciogliendosi, si converte in acqua dolce. Le particelle saline che ci possono essere in questo ghiaccio, non sono altro che quelle restate meccanicamente impegnate fra i pori del ghiaccio, ma non entrano per nulla nella struttura del cristallo.

340. Questa *esclusività*, per così dire, delle molecole di acqua, questo respingere completo di ogni elemento straniero dalle strutture che stanno fabbricando, arriva a un punto sorprendente. L'acido solforico ha una affinità così grande per l'acqua che lo si adopera in chimica come uno dei mezzi più potenti per sottrarre l'umidità dall'aria, eppure, come dimostrò Faraday, facendo congelare una miscela d'acido solforico e di acqua, il cristallo che ne risulta è perfettamente dolce ed esente d'ogni acidità; l'acqua sola subì l'influenza della forza di cristallizzazione.

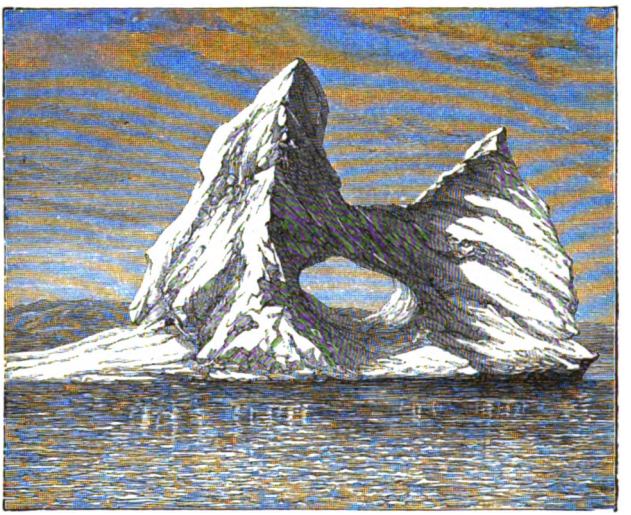
341. Nelle regioni artiche il mare gela ad ogni inverno e si copre di uno strato di ghiaccio di un enorme spessore ed assai vasto; il calore dell'estate e il movimento delle onde rompono questo ghiaccio, ed i frammenti se ne vanno in preda ai venti ed alle correnti; si urtano, si schiacciano, si ammassano gli uni sugli altri e sono il maggior pericolo del marinaro che si aggira fra le solitudini dei mari polari.

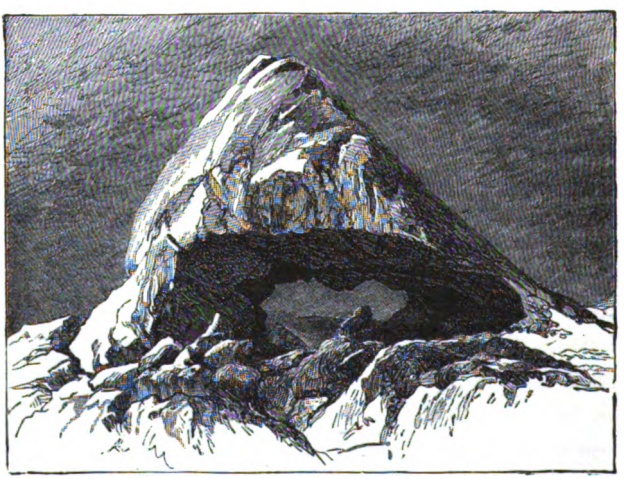
342. Fra le masse di ghiaccio marino galleggiano masse ancor più vaste, che provengono da origine affatto diversa; questi sono gli *Icebergs* dei mari artici, e s'innalzano spesso a parecchie centinaja di piedi sul livello dell'acqua con una base sommersa di circa sette volte tanto quella che si erge.

343. Per lo più le relazioni di chi osserva per la prima volta questi grandi e singolari fenomeni naturali, risen-

Digitized by Google

Digitized by Google





Digitized by Google

tono alquanto dell'effetto della maraviglia e dell'immaginazione così potentemente colpite, ed onde escludere ogni errore che possa nascere da questa causa, citerò come autorità il giornale di Sir Leopold McClintock, calmo e intrepido navigatore dei mari artici. Egli descrive un icebergs alto 250 piedi (76 metri), investito in un' acqua di 500 piedi (152 metri) di profondità; l'altezza totale del masso di ghiaccio doveva dunque essere di 750 piedi (228 metri), il che non è straordinario pei grandi icebergs.

344. Dalla baja di Baffin questi massi enormi passano lo stretto di Davis e sboccano nell'Oceano Atlantico; per liquefare il ghiaccio si richiede una somma ingente di calore (§ 48) onde gli icebergs si sciolgono così lentamente che i più smisurati resistono qualche volta ad oltre 2000 miglia dal posto dove nacquero.

345. Nascono essi dai ghiacciai delle regioni artiche; dall'alto delle montagne dell'interno, le nevi indurite sdrucciolano nelle valli e le riempiono di ghiaccio; questi ghiacciai così formatisi si muovono come quelli della Svizzera incessantemente a valle, ma i ghiacciai artici giungono al mare, vi entrano e spesso ne tormentano il fondo in morene sottomarine; minati dal lavorio delle onde ed incapaci di resistere allo sforzo che loro fa subire il peso stesso, si rompono trasversalmente e lasciano cadere nell'Oceano massi enormi di ghiaccio; alcuni di questi vanno a toccar terra sulle coste vicine e spesso vi si conservano per anni, altri si dirigono verso il sud e finiscono a sciogliersi nelle acque più calde dell'Atlantico. La prima tavola della pagina qui contro è copiata da una fotografia presa da Bradford in una delle ultime spedizioni ai mari del Nord; la seconda rappresenta una massa di ghiaccio

Digitized by Google

osservata sul ghiacciajo dei Bossons; la somiglianza loro ci dice l'origine loro comune.

§ 50. *L'Æggischhorn, il Märgelin See e suoi Icebergs.*

346. Non voglio che abbandoniate la Svizzera senza vedere gli icebergs che vi offre, tanto più che vi troveremo altri ghiacciai più grandi della Mer de Glace e che dovete pur conoscere. Risalendo alla sorgente del Rodano avete già percorsa la valle di questo fiume, ritorniamoci ancora, fermiamoci alla piccola città di Viesch, e di là all'eccellente albergo sul fianco dell'Æggischhorn, dove stabiliremo il nostro quartiere generale intanto che esploreremo il re dei fiumi di ghiaccio d'Europa, il gran ghiacciajo Aletsch.

347. Compreso il maggiore de' suoi rami, questo immenso fiume di ghiaccio è lungo circa venti miglia, a metà del tronco principale misura circa un miglio ed un quarto da una riva all'altra; ne alimentano i nevischi le più grandi montagne dell'Oberland Bernese, la Jungfrau, la Monch, il Trugberg, l'Aletschhorn, il Breithorn, il Gletscherhorn, e molti altri elevati picchi; questi nevischi cadono da tre grandi valli situate nel cuore dei monti, e riuniti formano il tronco dell'Aletsch al posto che un faceto montanaro chiamò la *Place de la Concorde* della natura; espressione ben trovata quando per essa si voglia intendere grandezza r anquilla, bellezza di forme e purezza di tinta.

348. Il nostro albergo non è già sulla cima dell'Æggischhorn, cui però arriviamo in breve un mattino per tempo. Di là contemplasi il ghiacciajo che a guisa di vasto fiume si estende a monte fino ai piedi della Jungfrau ed

Digitized by Google

a valle oltre il Bel Alp; spingendo lo sguardo più in basso ammirasi il più bel gruppo di montagne di tutte le Alpi, il Dom e i picchi vicini, il Matterhorn e il Weisshorn; è una scena d'immensa grandezza cui si aggiungono molti picchi e molte creste qui non anco nominate.

349. Giù alla nostra destra, in mezzo alle montagne che lo circondano, ci si presenta un altro spettacolo di bellezza sorprendente; è il nudo fianco del ghiacciajo che ci si appalesa con splendenti rupi di ghiaccio alte sessanta o settanta piedi. Si direbbe che l'Aletsch tenta invano di spingere un braccio per una valle laterale; era così di fatto una volta, e il braccio rompesi ora incessantemente presso al corpo del ghiacciajo; un grande spazio già prima coperto di ghiaccio ora è occupato dalle acque che vengono dal liquefarsi di esso; queste acque formano un lago del più bello azzurro che lambe la base delle rupi di ghiaccio, le corrode come fanno le onde dell'Oceano Artico contro i ghiacciai di Groenlandia, e riceve da esse i massi che si staccano; sulla tranquilla superficie del lago vedremo galleggiare dei piccoli icebergs che rassomigliano a bianchi cigni seguiti ciascuno dalla propria ombra.

350. È questo il piccol lago di Märgelin che gli Svizzeri chiamano Märgelin See. D'un tratto l'acqua si slancia a sprazzi e subito dopo udite il tonfo del ghiaccio precipitatovi; il ghiacciajo si è rotto sotto ai vostri occhi e ha lasciato cadere un icebergs nel lago; per tutta la superficie del lago l'acqua è commossa e vi si producono in piccola scala le onde immense che partono dalle grandi isole di ghiaccio cadute in mare dai ghiacciai artici; all'estremità del lago vediamo un ingombro di icebergs ora a secco, por-

Digitized by Google

tativi in parte dal vento e in parte dall'acqua che lentamente muovesi in quella direzione.

351. Dalla riva del lago potei distinguere una volta un grande iceberg isolato in mezzo alle acque; ad un tratto s'ode un rumore come di cataratta e dai fianchi dell'iceberg sgorgavano in copia le acque. Donde veniva essa? Il fondersi della parte inferiore del ghiaccio ne spostò il centro di gravità e nel rovesciarsi trascinò con sè una vasta quantità d'acqua che si precipitò poi come cascata lungo i fianchi del masso; il ghiaccio un momento prima bianco come neve, presentò allora il colore azzurro pallido, proprio del ghiaccio compatto che ritornerà ancora bianco sotto l'azione dei raggi solari. I più vasti icebergs dei mari Polari qualche volta si rovesciano essi pure allo stesso modo.

Sull'Æggischhorn si può benissimo spendere una settimana con diletto e profitto.

§ 51. *Il Bel Alp.*

352. Dall'Æggischhorn potrei guidarvi, lungo la cresta di montagna che fiancheggia il Betten See del quale gustammo i pesci, al Rieder Alp, e di là attraverso l'Aletsch al Bel Alp; è una bellissima escursione, ma noi preferiamo di percorrere il ghiacciajo da monte a valle. In alcuni punti il cammino è comodo, in altri non è così facile il trovarlo fuori senza pericolo frammezzo a tanti crepacci, ma a voi non mancano nè il coraggio, nè il sangue freddo, nè l'occhio sicuro, che ci hanno già valso in parecchie altre circostanze; si sorpassano ostacoli e crepacci e dopo quattro ore di buon esercizio ci troviamo sulla china che mena all'Hôtel del Bel Alp.

Digitized by Google

353. È questo uno dei più bei punti di sosta nelle Alpi. Dinnanzi a noi l'Aletsch stende la sua ultima falda di ghiaccio fino all'Æggischhorn e al Märgelin See e lungh'essa la grande morena mediana. Qui presso, la gola selvaggia della Massa nella quale riposa il capo del ghiacciajo come testa di serpente, e qui pure il magnifico sistema dei ghiacciai dell'Oberaletsch. Al di sopra di noi s'innalza un picco, detto lo Sparrenhorn, accessibile anche ad un mediocre alpinista; noi pure vi ascendiamo in poco più di un'ora di cammino. Di lassù contemplasi il ghiacciajo Oberaletsch che ci sta sotto, il quale ci appalesa la morena mediana la meglio distinta. Vicino a noi il gran masso dell'Aletschhorn cinto de' suoi nevischi, e che si termina in roccia bruna; gli fanno corona altri picchi quasi altrettanto imponenti; più presso il Nesthorn, più lungi all'ovest la magnifica triade già accennata, il Weisshorn, il Matterhorn e il Dom. Abbassando lo sguardo, ecco i crepacci del ghiacciajo che discende a valle con pendio assai ripido e assai frastagliato; ma i crepacci si aprono prima ancora di raggiungere il margine del precipizio, e vi si nota la coalescenza di crepacci marginali e trasversi in modo da costituire un sistema di fessure a curve colla convessità a monte. La ragione meccanica di questo ci è ormai nota. Vi sono pure numerose e assai belle le tavole del ghiacciajo. Vorrei potermi fermar qui una settimana, esplorando con voi i ghiacciai attuali e rilevando le vestigia di altri ghiacciai ora scomparsi.

Digitized by Google

§ 52. *Il Riffelberg e il Ghiacciajo di Görner.*

354. Quantunque le osservazioni e le misure che abbiam già fatte sulla Mer de Glace rappresentino a un di presso tutte quelle che si possono rilevare su altri ghiacciai, pure non voglio lasciarvi digiuni di quanto concerne il grande sistema di ghiacciai che si stendono sui pendii settentrionali del Monte Rosa e delle montagne adjacenti. Dal Bel Alp possiamo discendere a Brieg e di là a Visp in vettura, ma come al nostro solito noi scegliamo di preferenza le alture dove soffia il vento, giriamo il promontorio del Nessel e riesciamo a monte della valle del Rodano in faccia a Visp. Da questo villaggio, in un'ora di cammino arriviamo a Stalden dove la valle si divide in due rami; l'uno va a Saas e valica il Monte Moro, l'altro attraversa S. Nicholas e sbocca a Zermatt; la nostra via è per quest'ultimo ramo.

355. Giungiamo a Zermatt ma non facciamo sosta; sulla cresta della montagna, a 4000 piedi sul livello della valle, scorgiamo l'albergo del Riffelberg e ci indirizziamo colà. Dinnanzi a noi sta il picco del Matterhorn, la vetta del quale ci appare affatto inaccessibile a piede d'uomo. Pure con coraggio e destrezza vi si è arrivati, ma la prima ascensione fu pagata a caro e terribil prezzo. Nell'angusto cimitero di Zermatt si vedono le tombe di due tra i più famosi alpinisti di Savoja e d'Inghilterra, caduti dal Matterhorn nel 1865 insieme a due arditi compagni.

356. A Riffelberg non siamo che ad un'ora di cammino dal famoso Görner Grat dal quale dominansi con stupenda vista i ghiacciai del Monte Rosa. Ma la nostra stazione

Digitized by Google

è laggiù su quell' enorme masso di nuda roccia detto il Riffelhorn. Ciò ch'è la stazione della Fessura per la Mer de Glace lo è il Riffelhorn per il ghiacciajo di Görner e i tributari di esso. Dal lato più basso la roccia per quanto sembra facile, è in realtà inaccessibile. E anche qui nel 1865, un quinto ardito perì, e lui pure giace presso a' suoi compaesani nel cimitero di Zermatt. Al di là di un piccol lago detto Riffel See ci accingiamo ad ascendere il Riffelhorn dal fianco più elevato. È un'impresa assolutamente fuori del comune, ma giuntivi ci si spiega dinnanzi una scena magnificamente straordinaria.

357. Davanti a noi s'erge il Monte Rosa co' suoi molti picchi, e ne possiamo esaminare le nevi da cima a fondo; a dritta la bella cresta del Lyskamm pure coperta di neve, e frammezzo all'uno e all'altra il ghiacciajo occidentale del Monte Rosa. Questo ghiacciajo si unisce ad un altro che proviene dai vasti campi di neve della Cima di Jazzi, costituendo così insieme il ghiacciajo Görner; dal punto di congiunzione loro parte la solita morena mediana. Da questo lato del Lyskamm s'ergono due eminenze coperte di neve dette Castore e Polluce, più in là gli scuri picchi del Breithorn, poi il piccolo Matterhorn e infine il vasto campo di neve del Théodule dal quale s'erge il gran Matterhorn, e che valicheremo più tardi per scendere in Italia.

358. Le valli e le depressioni che stanno fra queste montagne sono occupati da ghiacciai. Dai fianchi del Castore scende il ghiacciajo dei Jumeaux, da quelli del Polluce il ghiacciajo del piccolo Matterhorn e del Théodule, ciascun dei quali, saldandosi al maggior tronco, vi porta la sua morena mediana; dal nostro posto di osservazione

Digitized by Google

ne possiamo contare nove. Qui, ancor più che sulla Mer de Glace, ci è dato di verificare assai meglio la facoltà che ha il ghiaccio di cedere alla pressione: gli ampi nevischi compressi sul tronco di Görner in strisce bianche, si vanno restringendo sempre più fra le morene laterali finchè spariscono fra i terricci e i sassi da loro stesse trasportati.

359. Sui due affluenti principali osservansi delle morene che pare sorgano dal mezzo del corpo del ghiacciajo senza braccio d' origine più a monte; queste, in sul principio, sono morene sotto-glaciali costituite da frantumi staccati da promontori rocciosi interamente coperti di ghiaccio; per un certo tempo questi frantumi restan nascosti nel corpo del ghiacciajo, poi escono alla superficie mano mano che il ghiaccio che li involge va sciogliendosi al sole.

360. Questo è il momento di parlarvi di un' antica nozione fra gli abitanti delle Alpi, che cioè i ghiacciai hanno la facoltà di vomitare le materie impure che si internano in essi. Abbiam viste sulla Mer de Glace vaste macchie d'argilla e di vero fango uscite evidentemente dal corpo del ghiacciajo; per noi non è difficile il capire come siasi radicata tale credenza fra gente poco abituata alla sana osservazione. La facoltà attribuita al ghiacciajo è in realtà una facoltà del sole, il quale fonde il ghiaccio intorno alle impurità nascostevi e le espone quindi alla luce, come avvenne dei corpi delle misere guide (143) sul ghiacciajo dei Bossons.

361. Nessun altro ghiacciajo più del Görner vi presenta maggior numero di oggetti interessanti da studiare; coni di sabbia, tavole di ghiacciajo, gole profonde scavate nel ghiaccio da correnti d'acqua e valicate da fantastiche rocce

Digitized by Google

a guisa di ponti, mulini, smisurate e splendide volte di ghiaccio. Alla parte inferiore del ghiacciajo vediamo che la morena mediana scompare in parte frammezzo ai crepacci, poi riappare a valle del pendio. Per molti anni questo ghiacciajo camminò continuamente invadendo i

IL GHIACCIAJO GÖRNER, COL MONTE ROSA IN LONTANANZA, E IL RIFFELHORN A SINISTRA.

prati che gli stavano davanti, solcando il suolo, livellando i châlets che incontrava per via, ed ora segue il movimento di ritirata che spiegano da quindici anni in poi i ghiacciai delle Alpi. Come di solito un fiume, il Visp, sgorga da una volta di ghiaccio all' estremità del ghiacciajo Görner.

Digitized by Google

§ 53. *Ghiacciai antichi della Svizzera.*

362. Non avrete dimenticata l'antica morena che tanto ci occupò alla nostra prima salita dalla sorgente dell'Arveiron; allora studiando questa morena, potemmo supporre che, ad una cert'epoca della storia della Mer de Glace, questo ghiacciajo deve aver avute dimensioni assai maggiori di quelle che presenta ora; l'esperienza nostra di poi ci ha edotti a seguire le tracce dell'azione del ghiaccio, molto meglio di quel che ci fosse dato allora.

363. Presso al ghiacciajo attuale, per esempio, abbiam visto più volte i fianchi dei monti lasciati nudi affatto dal ghiaccio che si è ritirato. Questo fatto è ora più che mai manifesto, a motivo del costante ritirarsi dei ghiacciai delle Alpi, verificatosi negli ultimi quindici o sedici anni, tanto che non è raro il vedere le rocce marginali scoperte ad un'altezza di cinquanta, sessanta, ottanta ed anche cento piedi sul livello del ghiacciajo attuale. Sulle rocce così esposte vedonsi le tracce dello sdrucciolamento; ed ora abbiamo così educato la mente nostra e gli occhi all'osservazione di queste tracce, che possiamo riconoscere senza ambagi le vestigia dei ghiacci o le morene antiche o moderne dovunque ci si appalesano.

364. Queste vestigia però le abbiam trovate a tali altezze da farci dubitare delle conclusioni cui siamo arrivati. Presso alla gola Massa a 1000 piedi sull'attuale Aletsch, troviamo una grande morena antica. Discendendo le praterie fra il Bel Alp e Platten, ne troviamo un'altra, ora coperta d'erba, sul dorso della quale s'è anche costruito un villaggio. Ma io voglio guidarvi a visitare una regione

Digitized by Google

ove queste vestigia si presentano ancor più grandi ed eloquenti; abbiam già fatto una rapida escursione nella valle di Hasli e sul ghiacciajo dell'Aar, ora prendiamo appunto le mosse da questo ghiacciajo. Discendendo verso il Grimsel ad ogni passo ci si presentano rocce singolarmente tondeggianti e solcate; è questo il marchio lasciato dall'azione del ghiacciajo in tempi moderni; ma avvicinandoci al Grimsel, al gomito della valle, ci troviamo in faccia al fianco della montagna che s'erge a guisa di muraglia di granito; qui le tracce dell'antico ghiacciajo sono più che mai chiare ed eloquenti; sulle rocce durissime i solchi e le levigazioni non solo, ma fin le lievi strisce che datano da migliaja e migliaja d'anni son nette ed evidenti come fatte jeri, e le troviamo all'altezza di due mila piedi sul letto attuale della valle. È certo che in tempi remoti la valle di Hasli era occupata da un fiume di ghiaccio di tale smisurata profondità.

365. Più lungi sta la sommità del Siedelhorn, e di là guardando, si domina come su di una carta il ghiacciajo dell'Unteraar; di là ancora distinguesi chiaramente segnata sul fianco delle montagne, l'altezza cui giungeva anticamente il ghiaccio; si distingue pure quella parte di montagna lavorata dal ghiaccio, dalle creste frastagliate che allora s'ergevano al di sopra della superficie del ghiacciajo, e che devono aver data l'idea di creste e di picchi isolati in mezzo ad un oceano di ghiaccio.

366. Ora discendiamo il Siedelhorn e ritorniamo nella valle di Hasli, nella quale seguiamo per oltre venti miglia le tracce lasciate dal ghiaccio; a destra ed a sinistra sui fianchi delle montagne, a grandi altezze, scorgiamo precipizi a scanalatura, piastre levigate e cupole arroton-

Digitized by Google

date di granito. Possiamo seguire le vestigia del ghiacciajo fino al lago di Brientz e se vogliamo proseguire ancora, troveremo che il fondo di tutti i laghi di questa regione, a quell'epoca remota, dovevano subire la pressione di smisurati ammassi di ghiaccio.

367. Oltre alla vallata di Hasli possiamo percorrere quella del Rodano. In essa seguonsi le vestigia del grande ghiacciajo che la riempiva una volta, per tutta la via fino a Martigny che ora sta a 60 miglia dal ciglio di ghiaccio attuale. A Martigny il ghiacciajo del Rodano era rinforzato da un altro che discendeva dal Monte Bianco, e le masse di ghiaccio dei due fuse assieme, si avanzavano lavorando le montagne a destra e a sinistra fino al lago di Ginevra, riempiendone il bacino. Altri indizi proverebbero inoltre che il ghiacciajo non finiva qui, ma che si estendeva più in basso nel territorio fino ad incontrare la barriera calcare dei monti Jura.

§ 54. *Massi erratici.*

368. Quali sono questi altri indizi? Abbiam visto delle rocce immense posate sulle morene della Mer de Glace, ed or sappiamo che un giorno, in tempi futuri, queste rocce verranno trasportate nella valle di Chamouni dal ghiacciajo dei Bois, a meno che non restino prima frantumate dal gelo. Sappiamo altresì che queste rocce spesso rivelano la natura mineralogica delle montagne fra le quali giacque il ghiacciajo; che spesso il ghiacciajo trasporta a valle dei massi di carattere tutto affatto diverso da quello delle rocce fra le quali riposano alfine; ed è appunto questo che ci rivelano in modo eloquente i *massi erratici* che s'incontrano lungo il Jura.

Digitized by Google

369. Il Jura stesso, come abbiam detto, è calcare e non vi si trovano tracce di granito nativo; eppure lungo il fianco della montagna, al di sopra di Neufchâtel e a circa 800 piedi sul livello del lago di Neufchâtel, troviamo un cordone di massi granitici provenienti dal Monte Bianco. Rimossa la terra vegetale intorno ai massi, troviamo sulla roccia calcare le solcature dell'antico ghiacciajo che vi trasportò il granito.

370. La più famosa di queste rocce detta la Pierre à Bòt è lunga 50 piedi, alta 40 e larga 20, ossia è di un volume di 40000 piedi cubi (oltre 110 metri cubi).

371. E questo è ancor poco in confronto di alcune rocce trasportate da ghiacciai recenti. Esaminiamone un'altra. Siamo già stati a Stalden dove la valle si biforca con un ramo che va a S. Nicholas e Zermatt e l'altro, il sinistro, a Saas e al Monte Moro; a tre ore a monte di Saas ci troviamo all'estremità del ghiacciajo Allelein che non riempie tutta la valle, ma che la taglia a sghembo in modo da troncarne il drenaggio come una diga; al di sopra di questa diga di ghiaccio troviamo il lago Mattmarck e alla testa del lago un piccolo albergo ben noto a chi visita il Monte Moro.

372. Presso a quest'albergo giace il più gran masso che io abbia mai visto: misura 240000 piedi cubi (oltre 6700 metri cubi). Dall'altro lato della valle scorgiamo un ghiacciajo il cui limite attuale è a mezzo miglio dal gran masso; è desso, credo, di roccia serpentina, e se ci recassimo a visitare il ghiacciajo Schwartzberg fino a monte di esso, vi troveremmo il punto d'onde partì la gigantesca roccia; or sono quarantaquattro anni, il ghiacciajo giunse al punto ora occupato dal gran masso, ivi lo

Digitized by Google

depose e poi incominciò a ritirarsi. Non molto lungi trovasi un altro masso che si potrebbe dire immenso se non sembrasse nano in confronto all'altro gigante.

373. Tali indizi si potrebbero raccogliere all'infinito. E in fatti, uomini distinti, quali il professor Favre di Ginevra, stanno ora studiando di determinare, dietro la distribuzione dei massi erratici, le estensioni degli antichi ghiacciai della Svizzera. L'ingegnere Venetz fu il primo che fermò l'attenzione su questi indizi e che annunziò al mondo incredulo il concetto della vasta estensione degli antichi ghiacciai; più tardi Agassiz sviluppò meravigliosamente questa idea; l'osservazione più interessante forse che sia stata fatta sugli antichi ghiacciai, è quella del Dottor Hooker, quegli stesso che in una recente esplorazione in Palestina trovò che i famosi cedri del Libano sorgevano su antiche morene.

§ 55. *Ghiacciai antichi d'Inghilterra, d'Irlanda, di Scozia e di Wales.*

374. All'epoca stessa nella quale i ghiacciai si sviluppavano in modo così straordinario fra le Alpi, molte altre parti d'Europa che ora non ne presentano, erano pure occupate da ghiacciai. Negli Highlands della Scozia, fra le montagne d'Inghilterra e di Wales, gli antichi ghiacciai hanno lasciato scritto la loro storia a chiare note come fra le Alpi. Vorrei poter scorrere con voi attraverso il Borrodale in Cumberland, o lungo le vallate di Bethgellert in Wales; sotto le bellezze del paesaggio di ora troveremmo le memorie di un tempo nel quale tutto il paese era stretto dai ghiacci. Il Professor Ramsay si è parti-

Digitized by Google

colarmente illustrato cogli studii suoi sugli antichi ghiacciai di Wales.

375. Ci son già noti i Reeks di Magillicuddy, i più grandi condensatori dei vapori dell'Atlantico. All'epoca della quale parliamo ora, questa umidità non ricadeva tanto sovente in pioggia benefica, ma si convertiva in neve che alimentava poi i grandi ghiacciai; ora la più bella attrattiva di Killarney consiste in una catena di laghi, il lago Inferiore, il Medio ed il Superiore; supponiamo per un momento di vogare verso l'estremità superiore del lago Superiore lasciando a sinistra il monte Purple; coll'esperienza acquistata fra le Alpi, riconoscerete subito le impronte lasciate sulle rocce dall'azione degli antichi ghiacciai; svegliata per tal modo l'attenzione nostra, tocchiamo terra alla testa del lago, e, percorrendo la valle Black, giungiamo ai piedi dei Reeks di Magillicuddy; ne verrete a concludere che questa valle vi racconta una storia sorprendente quanto quella di Hasli.

376. Ritorniamo alla nostra barca e voghiamo sulla via percorsa lungo il lago Superiore. Qui le isole del lago vi presentano nuovo motivo di interesse; alcune sono nude, altre coperte o tutte o in parte di lussureggiante vegetazione, ma tutte portano le impronte dei ghiacciai; l'azione dei secoli non ne alterò le forme; la Cannon Rock, il Giant's Coffin, il Man of War, sono scolpiti come se lo scalpello vi avesse lavorato ai giorni nostri. Questi laghi, ora adorni di boschi verdeggianti, erano coperti di ghiaccio che dileguò, e il terreno accolse, portativi dai venti, i semi degli alberi, degli arbusti, delle felci e delle erbe che in oggi fanno la bellezza di Killarney. L'uomo stesso, pare, non apparve sul globo che dopo quest'epoca di ghiaccio;

Digitized by Google

ma sull'epoca reale e sul come l'uomo sia comparso sulla faccia della terra, poco si può dire in oggi, dappoichè s'è dato altra interpretazione ai miti ed alle storie Bibliche onde andassero d'accordo colla scienza.

377. L'intelletto umano naturalmente si spinge e indietro e avanti, tentando di rifabbricare il passato e di prevedere l'avvenire; su dati pazientemente conquistati e con fatica, ci possiamo fare un'idea di uno stato di cose qual'era migliaja e forse milioni d'anni prima che incominciasse la storia dell'uman genere.

§ 56. *L'epoca glaciale.*

378. Questo periodo di predominio del ghiaccio chiamasi Epoca glaciale, nel voler spiegare la quale menti illustri caddero in gravi errori, come ora vedremo.

379. Il corpo che ci presentò fin qui argomento di studio, l'acqua, trovasi esistere sotto tre forme: solida in ghiaccio; liquida in acqua; gasiforme in vapore; perchè passi dall'uno di questi stati nell'altro seguente è necessario il *calore.*

380. Praticate un foro nel ghiaccio della Mer de Glace in estate e mettetevi un termometro: segna 0°. Mettete il termometro nell'acqua che scende dal ghiacciajo: segna ancora 0°. *L'acqua è quindi fredda quanto il ghiaccio.*

381. La somma adunque di calore sparsa dal sole sul ghiacciajo e da questo assorbita, fu tutta spesa nel liquefare il ghiaccio solamente, e non nell'aumentare di un sol grado di calore o il ghiaccio o l'acqua.

382. Esponete dell'acqua all'azione del fuoco; durante un certo tempo continua a riscaldarsi, bolle, e da questo

Digitized by Google

punto cessa di riscaldarsi più oltre; allora tutto il calore comunicatole dal fuoco vien portato via dal vapore, *quantunque il vapore stesso non abbia la più piccola frazione di grado di calore più dell'acqua.*

383. Il liquefarsi del ghiaccio infatti richiede una grande quantità di calore, e perchè l'acqua si converta in vapore se ne richiede una quantità ancor maggiore; e poichè questo calore non riscalda l'acqua più che non il ghiaccio, nè il vapore più dell'acqua, si suppose una volta che restasse *celato* nell'acqua e nel vapore, onde fu detto *calore latente.*

384. Quanta somma di calore spende il sole per convertire una libbra d'acqua dell'oceano tropicale in vapore? A questa domanda fu risposto con esperimenti esatti. Si richiede in cifre tonde, mille volte la quantità di calore necessaria ad innalzare di un grado la temperatura di una libbra d'acqua.

385. Ma la quantità di calore che aumenterebbe di un grado la temperatura di una libbra d'acqua, aumenterebbe di *dieci* gradi la temperatura di una libbra di ferro. È un fatto che si verificò coll'esperienza. Onde per convertire in vapore una libbra d'acqua dell'oceano tropicale, il sole impiega 10000 volte la quantità di calore necessaria ad aumentare di un grado la temperatura di una libbra di ferro.

386. Questa quantità di calore aumenterebbe a 2000 gradi la temperatura di cinque libbre di ferro, che è la temperatura del punto di fusione del ferro; a tal calore il metallo non solo è *scaldato a bianco* ma si fonde.

387. Ora esaminiamo le conclusioni che ci si presentano. Per ogni libbra di vapore tropicale o per ogni libbra di

Digitized by Google

ghiaccio alpino prodotto dal congelarsi di questo vapore, il sole ha impiegato una quantità di calore che basterebbe a portare al punto di fusione cinque libbre di ferro.

388. Non sarebbe difficile calcolare approssimativamente il peso della Mer de Glace e de' suoi tributari, e dire, per esempio, che vi si contengono tanti milioni di milioni di tonnellate di ghiaccio e di neve. Ora immaginate di sostituire al ghiaccio una massa quintupla di ferro scaldata a bianco, e vi farete un' idea dell'enorme somma di calore spesa dal sole per produrre il ghiacciajo presente.

389. Bisogna meditare questo fatto finchè ve lo siate reso familiare come la luce del sole, onde non cadere di poi nell'errore che già vi accennava e nel quale tanti hanno urtato. Era sì naturale di associare l'idea di ghiaccio a quella di freddo, che anche uomini illustri hanno ammesso che, per una più grande estensione dei nostri ghiacciai, non ci voleva che un abbassamento di temperatura del sole. Se avessero fatti i calcoli e le riflessioni che abbiam fatte or ora, avrebbero probabilmente domandato una *maggior* quantità di calore invece di una minore, per ispiegare la formazione dell' epoca glaciale. Ciò che loro mancava in realtà era la nozione di *condensatori* abbastanza potenti da congelare il vapore svoltosi per azione del calore solare.

§ 57. *Teoriche dei ghiacciai.*

390. Vi ricorderete e credo non dimenticherete mai più la Stazione della Fessura, e ricorderete altresì che colà ci nacquero idee che ancora non abbiamo svolte. Abbiam visti i ghiacciai secondari discendere dai loro ne-

Digitized by Google

vischi, fondersi assieme, spingersi fino a Trélaporte, poi percorrere la valle sinuosa della Mer de Glace. Questi soli fatti, senza tener conto delle osservazioni susseguenti, ci hanno suggerita l'idea che il ghiaccio del ghiacciajo, per quanto sembri duro e fragile, sia in realtà una sostanza viscosa che si può rassomigliare alla melassa, al miele, alla pece od alla lava.

§ 58. *Teoriche della dilatazione e dello sdrucciolamento.*

391. Tale però non era la nozione espressa dalla maggior parte degli scrittori sui ghiacciai. Scheuchzer di Zurigo, grande naturalista, visitò i ghiacciai nel 1705 e propose una teoria sul movimento loro. L'acqua, egli disse, si espande gelando, e la forza di espansione è tale da far scoppiare robuste bombe piene d'acqua ed esposte all'azione del gelo (312). Egli suppose quindi che l'acqua racchiusa nei crepacci dei ghiacciai, congelandovisi e spiegando intanto una forza irresistibile, obbligasse il ghiacciajo a muoversi a valle, ed aggiunse a questa teoria altre nozioni di natura meno scientifica.

392. Molti anni dopo, De Charpentier di Bex rinnovò questa teoria sviluppandola così abilmente e in modo sì completo, che restò nota a lungo col nome di *Teoria della dilatazione* di Charpentier. Agassiz l'adottò per un certo tempo e l'accettarono più o meno intera altri autori. Consideravasi infatti, che il ghiacciajo fosse un magazzeno di freddo capace di congelare tutta l'acqua che vi si aggirasse. Questa teoria venne abbandonata quando Agassiz dimostrò erronea l'idea del freddo del ghiacciajo.

393. Nel 1760, Altmann e Grüner emisero l'idea che i

Digitized by Google

ghiacciai si muovessero sdrucciolando sui loro letti. Quarant'anni dopo circa, questa teoria fu ripresa da De Saussure e la si chiamò di poi la *Teoria di Saussure dello sdrucciolamento.*

394. C'era pochissima ragione per applicare il nome di Saussure a questa come a qualunque altra teoria intorno al movimento dei ghiacciai; senza posa occupato in osservazioni d'altra natura, quest'uomo illustre consacrò poco tempo e poca mente alla questione del movimento dei ghiacciai; ciò ch'egli ha scritto in proposito è un elaborato di una teoria piuttosto che l'espressione d'un' opinione propria.

§ 59. *Teorica della plasticità.*

395. Nessuno di questi scrittori attribuisce al ghiaccio dei ghiacciai la proprietà della viscosità o della plasticità; pure l'aspetto di molti ghiacciai suggerisce talmente quest'idea, che al certo sarebbe stato svelata assai più di frequente, se non fosse in apparenza affatto opposta all'idea comune che si ha del ghiaccio.

396. Pur quest'idea trovò chi la sostenne. In un piccol libro pubblicato nel 1773 col titolo: *Viaggio pittoresco ai ghiacciai di Savoja*, Bordier di Ginevra, dice: « È tempo ormai di considerare questi oggetti cogli occhi della ragione; di studiare, in primo luogo, la posizione ed il progredire dei ghiacciai, e cercar poi la soluzione dei fenomeni principali che offrono. A tutta prima le montagne di ghiaccio ci suggeriscono un'idea che pare sufficiente a spiegar tutto, questa cioè, che tutta la massa di ghiaccio è collegata e che preme da monte a valle come fanno i

Digitized by Google

liquidi. Or consideriamo il ghiaccio, non già come massa affatto rigida ed immobile, ma quale accumulo di materie coagulate o come cera molle, fino ad un certo punto duttile e flessibile. » [1]. È forse questa la prima volta che si mise fuori l'idea della plasticità del ghiaccio dei ghiacciai.

397. A noi, ormai familiari coi ghiacciai, pare strano che tale idea, una volta enunciata, non sia stata subito ammessa e sviluppata. Ma allora gli esploratori erano pochi, e il viaggio pittoresco di Bordier restò probabilmente quasi ignorato, cosicchè questa nozione di plasticità dormì per oltre mezzo secolo. A Bordier succedette poi un uomo di maggior acume scientifico, Rendu, prete cattolico, canonico, poi Vescovo di Annecy; egli presentò nel 1841, alla Società Reale di Scienze di Savoja la sua: *Teoria dei Ghiacciai della Savoja*, che è un monumento intorno a tale soggetto [2].

398. Rendu colpì con molta chiarezza e precisione l'idea della plasticità del ghiacciajo e la seguì risolutamente fino alle conseguenze. Non si sa se a lui fosse noto lo scritto di Bordier, e pare di no poichè non ne fa mai cenno. Vi citerò alcuni passi di Rendu, quantunque non riescano a darvi idea completa del suo acume scientifico: « C'è una tale e si completa rassomiglianza tra un' fiume e la Mer de Glace, che non si può trovare in questo ghiacciajo circostanza alcuna che non si riscontri anche nel fiume.

[1] Mi dichiaro grato al mio illustre amico Professore Studer di Berna, il quale mi ha fatto conoscere il libro di Bordier, come pure agli amici miei del British Museum che durarono non poca fatica nel ritrovarlo per me.

[2] Memorie dell'Accademia, vol. X.

Digitized by Google

Nella corrente d'acqua il movimento del liquido non è uniforme, nè per tutta la larghezza nè per tutta la profondità di essa. Lo sfregamento contro il fondo e contro i lati, insieme agli ostacoli locali, fa sì che la velocità varia; non è che verso il mezzo della superficie che si ottiene la piena velocità. »

399. Queste parole sembrano una predizione di quanto si è poi rilevato colle misure. Parlando del Monte Dolent che ha la forma di un covone, espanso alle estremità e stretto al mezzo, e riflettendo che la parte superiore espansa si è ristretta, e che la parte media stretta si è espansa, Rendu dice: « Molti e molti fatti concorrono a far sentire necessario la credenza che il ghiacciajo goda di una sorta di duttilità per la quale può adattarsi alla località che lo racchiude, assottigliarsi, gonfiarsi e contrarsi quasi fosse molle pasta. »

400. Onde verificare queste sue conclusioni, Rendu aveva bisogno dell'esatta misura del movimento del ghiacciajo; se alle sue nozioni avesse potuto aggiungere quelle di un agrimensore, egli sarebbe riuscito il principe degli scrittori sui ghiacciai, e dovette invece accontentarsi di misure imperfette. In una delle sue escursioni, studiando i ghiacciai, interrogò le guide sulle posizioni successive di una gran roccia ch'egli osservò sul ghiaccio presso al margine del ghiacciajo; potè rilevare che questo masso erasi spostato di 40 piedi all'anno, media di cinque anni.

401. Di un'altra roccia ch'egli potè in seguito misurare con maggiore accuratezza, trovò che la velocità media fu di 400 piedi all'anno. Ed ecco in qual modo egli spiega questa discrepanza: « La differenza enorme di queste due osservazioni nasce da ciò, che una delle rocce stava

Digitized by Google

presso al centro del ghiacciajo, che movesi più rapidamente, mentre l'altra posava presso al margine, dove il movimento del ghiaccio vien ritardato dall'azione dello sfregamento. » Rendu aveva idee così chiare e nette sul movimento plastico del ghiacciajo, che se gli si fosse presentata la questione della curva, certo egli avrebbe fin d'allora indicato lo spostamento del punto di velocità massima da un lato all'altro del ghiacciajo tagliandone l'asse (§ 25).

402. Dovete sapere che gli uomini di scienza non sempre vanno d'accordo nell'apprezzare il valore relativo dei fatti e delle idee, ed è bene sappiate altresì che chi vi parla ora, dà un ingente valore alle idee che sgorgano da una mente eletta, profonda e tenace nel meditare, e non già, come troppo spesso accade, buttate là senza garanzia di profondo pensamento o di naturale capacità, ed è appunto perchè io credo che i lavori di Rendu abbiano tutte queste qualità, che do grande importanza alle idee che vi si sviluppano. Più avanti negli anni e più istruiti, forse non ragionerete com'io faccio ora, e ve lo dico perchè non abbiate ad accettare troppo leggermente l'opinione mia intorno a Rendu. Giudicatemi, se volete, quando il vostro giudizio sarà maturo, non temerò di certo il vostro verdetto.

403. Per quanto io apprezzi però l'idea prima, e quantunque convinto che in essa principalmente si asconda la potenza del genio, penso altresì che sarebbe errore gravissimo d'ommissione che, ripetuto abitualmente, frutterebbe la decadenza delle scienze naturali, l'obblio di verificare le nostre idee e dar loro realtà esteriore e sostanza quando i mezzi di farlo stanno in nostro potere. In

Digitized by Google

scienza, il pensiero, per quanto è possibile, deve legarsi al fatto; questa unione fu appunto tentata da Rendu, e in gran parte ottenuta per opera di Agassiz e di Forbes.

§ 60. *Teoria della viscosità.*

404. Qui principalmente risultano cospicui i meriti di Forbes, agli sforzi abili e perseveranti del quale devesi in oggi la nozione ormai popolare della dottrina della plasticità dei ghiacciai; a questa teorica egli diede forma meglio definita; fu egli il primo che applicasse il qualificativo di *viscoso* al ghiacciajo, e che cercasse di basare su misure precise una teoria della viscosità intorno al movimento dei ghiacciai.

405. Qui mi è forza esporre i fatti in ordine cronologico. Quando il Professore Forbes incominciò le sue ricerche sui ghiacciai, sapeva dei lavori di Rendu, anzi nella sua prima opera sulle Alpi, cita Rendu con encomio lusinghiero; ma quantunque non si possa negare che le idee di Rendu potessero servire di inspirazione a Forbes, sarebbe per altro dir troppo, il voler assicurare che questi aveva bisogno di tale fonte d'inspirazione; quand'anche non preceduto da Rendu, egli avrebbe pur nondimeno afferrato il concetto della viscosità nell'eseguire le sue misure, applicando il suo sapere a sostenere tale concetto. Comunque sia, la comparsa del Professore Forbes sul ghiacciajo dell'Unteraar nel 1841, e sulla Mer de Glace nel 1842, insieme ai lavori suoi, allora e poi, hanno reso il suo nome imperituro nella storia scientifica dei ghiacciai.

406. La teoria di Forbes fu enunciata da lui stesso con queste parole: « Il ghiacciajo è un fluido imperfetto, un

Digitized by Google

corpo viscoso, spinto in giù per pendii di una certa inclinazione, dalla naturale pressione delle parti che lo costituiscono. » Nel 1773 Bordier aveva detto: « Siccome i ghiacciai si avanzano sempre sul piano e non spariscono mai, è assolutamente necessario che altro ghiaccio nuovo vada a sostituire quello che si dilegua; questo ghiaccio adunque viene spinto innanzi dal ghiaccio che gli sta addietro. Non si può a meno di ammettere tale verità maravigliosa, che questa immensa estensione di ghiaccio duro e solido si muove discendendo in un sol pezzo. » Nel passo che abbiam già citato dice che il ghiaccio subisce come un fluido la pressione a tergo; sta in ciò, secondo me, quanto spetta a Bordier in questa teoria. Quanto abbiam citato di suo mostra la sagacità spiegata da lui pel primo; ma le sue idee non sono da paragonarsi, quanto a profondità, a quelle più complete di Rendu e di Forbes.

407. Non posso ommettere di dirvi, che quantunque l'idea della viscosità non sia stata esposta da Agassiz, pure le misure rilevate da lui, sul ghiacciajo dell'Unteraar, e le carte delle sue misure, si hanno in oggi quali prove chiare e concludenti al disopra delle altre, di una qualità che in ogni modo rassomiglia assai a viscosità.

408. Perchè adunque con tali prove dinanzi, più copiose e caratteristiche di quelle di qualunque altro osservatore, Agassiz esita nell'accettare l'idea della viscosità del ghiaccio? Certo perch'egli trova che questo concetto è in contraddizione coll'esperienza quotidiana che si ha di questa sostanza.

409. Prendete un masso di ghiaccio del volume di dieci o quindici piedi quadrati, segatelo per la profondità di mezzo pollice o di un pollice, poi nel solco lasciato dalla

Digitized by Google

sega introducete una punta di ferro della grossezza di una lima da straforo, e il ghiaccio si fende da cima a fondo con frattura cristallina netta. Or come conciliare questa fragilità coll'idea di viscosità?

410. Siamo stati sul ghiacciajo ed abbiam visto formarsi dei crepacci; incominciano con delle piccole fessure che si fanno d'un tratto e che impiegano dei giorni per allargarsi di un pollice; in molti ghiacciai la profondità di queste fessure si può misurare fino a centinaja di metri dentro al ghiaccio; ciò proverebbe che se il ghiaccio possedesse anche in modico grado la facoltà di estendersi, caratteristica di una sostanza viscosa, non si potrebbero formare tali crepacci.

411. Eppure non v'ha dubbio che il ghiacciajo si muove come un corpo viscoso; il centro fluisce più veloce, la superficie più degli strati profondi, e il movimento della massa per una valle curva, corrisponde al movimento dei fluidi. Mathews, Froude e meglio d'ogni altro Bianconi instituirono degli esperimenti diretti a provare ed illustrare pienamente la flessibilità del ghiaccio. Questi esperimenti sono degni di nota ora e lo saranno ancor più in avvenire.

§ 61. *Teoria del rigelo.*

412. Voglio ora intrattenervi di un tentativo che si è fatto in questi ultimi anni per conciliare l'idea della fragilità del ghiaccio con quella del muoversi di esso pei ghiacciai; tentativo fondato sull'osservazione fatta da Faraday nel 1850, che quando si mettono a contatto due pezzi di ghiaccio che si fondono, si saldano assieme congelandosi al punto di contatto.

Digitized by Google

413. Ciò non vi deve far sorpresa, ma sorprese Faraday ed altri uomini di scienza distinti, che non si trovarono poi d'accordo nella spiegazione di questo fatto. Il difficile sta nello spiegare dove o come si trovi, nel ghiaccio fondente, il grado di freddo necessario a congelare il pelo d'acqua fra le due superficie messe a contatto.

414. La parola *rigelo* (*regelation*) fu proposta da Hooker per esprimere il congelare assieme di due pezzi di ghiaccio fondente, fenomeno osservato da Faraday; la memoria nella quale si adoperò per la prima volta questa parola, fu pubblicata da Huxley e da Tyndall nelle *Philosophical Transactions* del 1857.

415. Il *fatto* del rigelo e l'applicazione di esso, indipendentemente dalla *causa* del rigelo, si può dimostrare così: segate via da un masso di ghiaccio due piastre e mettetele a contatto per le facce piane, desse si saldano assieme immediatamente. Due piastre di ghiaccio messe l'una sull'altra e involte in un pezzo di flanella, l'indomani sono talmente saldate fra di loro, che si possono rompere in qualunque punto fuor che alle facce per le quali si sono unite. Se penetrate in una delle caverne sgocciolanti di ghiaccio della Svizzera, non avete che appoggiare per un momento un pezzo di ghiaccio contro la volta della grotta perchè vi resti solidamente adeso.

416. Mettete in un bacino d'acqua diversi frammenti di ghiaccio in modo che si tocchino fra di loro, e vedrete che congelano assieme dove si toccano; potete formare una catena con questi pezzetti, poi traendone fuori dall'acqua una estremità ne tirate fuori tutta la serie. Così si formano qualche volta delle catene di icebergs nei mari artici.

Digitized by Google

417. Da questa osservazione tiriamo ora delle conclusioni. La neve consiste di piccole particelle di ghiaccio; se colla pressione spremiamo fuori l'aria che sta nella neve fondente e mettiamo così a mutuo contatto i granuli di ghiaccio, questi dovranno congelarsi assieme, e se l'aria viene espulsa completamente, la pallottola di neve compressa avrà l'aspetto di ghiaccio compatto.

418. Arriviamo a questa conclusione per via di ragionamento; sottoponiamola ora alla prova dell'esperimento adoperando un torchio idraulico conveniente che comprima la neve in una forma; come ci aspettavamo, colla pressione la neve si è convertita in ghiaccio [1].

419. Mettete in una forma conveniente una massa compatta di ghiaccio, sottoponetela alla pressione, e il ghiaccio si rompe a pezzi; comprimete fortemente assieme i frantumi e questi si riuniscono per rigelo, formando un pezzo di ghiaccio compatto di figura totalmente diversa dalla prima massa; per questo è necessario che il ghiaccio sia fondente. Se invece la temperatura di esso è molto più al di sotto, la pressione non lo converte in una massa pellucida d'altra forma, bensì in polvere bianca.

420. Mediante forme diverse si può così dare al ghiaccio infinite configurazioni di sfere, di vasi, di anelli, di gomene; il cambiamento di forma dipende sempre dal frantumarsi e dal rigelo.

421. Esercitando la pressione dolcemente, si può evitare il frantumarsi del ghiaccio e costringerlo ad altra forma come se fosse un corpo plastico.

[1] I signori Schlagintweit hanno fatto un esperimento simile prima della scoperta che oggi lo spiega, onde allora il fatto restò inesplicato.

Digitized by Google

422. Il nostro primo esperimento spiega il consolidarsi delle nevi sulle più alte regioni alpine. Gli strati più profondi del nevischio devono sopportare il peso di tutti gli strati che loro stanno sopra, e si convertono quindi in ghiaccio più o meno perfetto. Il nostro ultimo esperimento spiega i cambiamenti di forma che si osservano sul ghiacciajo, dove, per l'azione lenta e costante della pressione, il ghiaccio s'informa a poco a poco dagli accidenti della valle ch'esso occupa.

423. Nei ghiacciai troviamo altresì numerosi esempi di frattura violenta e di rigelo, come sarebbe l'aprirsi ed il chiudersi dei crepacci, il rompersi del ghiacciajo alle cascate, il risaldarsi del ghiaccio ai piedi di esse; quando due rami di ghiacciai si accostano fra di loro il rigelo si fa tanto solido, che tosto così uniti fluiscono nel tronco principale come una singola corrente. Il lento muoversi della morena mediana non dà indizio alcuno ch'essa derivi dal ghiaccio più tardo dei lati dei ghiacciai secondari.

424. Il cardine della teorica del rigelo sta in questo, che il ghiaccio dei ghiacciai cambia di forma e mantiene la continuità sua sotto l'azione di una *pressione* che tiene salde fra di loro le particelle che lo compongono; ma sottoposto ad una certa *tensione*, piuttosto che stendersi si *rompe* e non si comporta più a guisa di sostanza viscosa.

§ 62. *Causa del rigelo.*

425. Il fatto del rigelo è stato fin qui applicato a spiegare la plasticità del ghiaccio del ghiacciajo, e non ci siamo curati di ricercare la causa di questo rigelo stesso;

Digitized by Google

sono due argomenti affatto distinti. Non sarà tempo perduto l'occuparci della causa del rigelo. Vi farà sorpresa forse il vedere uomini illustri di scienza dedicare l'attenzione loro ad argomenti di sì poco conto, ma non dimenticate mai che in natura nulla v'ha di futile; leggi e principii interessano più d'ogni altra cosa lo scienziato, e tanto le leggi che i principii possono trovare la spiegazione loro sì nelle piccole che nelle grandi cose.

426. La questione del rigelo si connette immediatamente con quella del calorico latente (383), che ora approfondiamo ancor più. Abbiam già detto che, perchè il ghiaccio si fonda, è necessaria una ingente somma di calore, e che, nel caso dei ghiacciai, questo calore vien fornito dal sole. Nè il ghiaccio così sciolto, nè l'acqua che risulta dal liquefarsi di esso possono discendere al di sotto di 0°; il punto di congelamento dell'acqua e quello di liquefazione del ghiaccio si incontrano, diremo, a questo grado di temperatura; alla minima frazione di grado più sotto l'acqua gela; più sopra il ghiaccio si fonde.

427. Se il ghiaccio si potesse fondere senza questo sussidio del calore solare, si avrebbe una temperatura più bassa di quella ordinaria del ghiaccio fondente. Mescolando assieme neve e sale, oppure sale e ghiaccio pesto, il sale fa sì che il ghiaccio si fonda, e per tal modo si produce una temperatura di 10° a 15° al di sotto dello 0°; in tal caso il ghiaccio consuma realmente *il suo proprio calore* nell'atto della liquefazione. Questa mescolanza di ghiaccio e di sale chiamasi miscela refrigerante.

428. Se, in un modo qualunque, il ghiaccio avesse a fondere alla temperatura di 0°, l'acqua che ne risulterebbe sarebbe più fredda del ghiaccio stesso. Il Profes-

Digitized by Google

sore James Thomson dimostrò che il ghiaccio può fondersi per la *pressione* sola, e suo fratello, Sir William Thomson, dimostrò altresì che l'acqua, sottoposta a pressione, gela a temperatura inferiore di quando manchi la pressione. Il Professore Mousson fece liquefare grandi massi di ghiaccio mediante il torchio idraulico, e il Professore Helmholtz dimostrò con esperimenti che l'acqua posta in un vaso dal quale siasi tolto l'aria, quindi non sottoposta alla pressione atmosferica, gela e forma dei cristalli di ghiaccio, quando si contorni il vaso di ghiaccio fondente. Tutti questi fatti si esprimono colla legge, che *la pressione abbassa il punto di congelamento dell'acqua* [1].

429. Possiamo produrre il liquefarsi del ghiaccio per la pressione nel modo seguente: vi ricorderete i bei fiori che si ottengono col far passare un raggio di sole attraverso il ghiaccio di lago (§ 11), e come i fiori si dispongono sempre paralleli alla superficie di congelazione; togliamo fuori un prisma o una piccola colonna di ghiaccio in guisa che i piani di congelazione siano disposti ad angoli retti, poniamo questo prisma frammezzo a due assicelle, comprimendolo poi dolcemente con un piccolo torchio idraulico.

430. Giova far convergere una luce viva sul ghiaccio mediante uno specchio concavo ed esaminarlo poi con una lente; ne prevedete già l'effetto. Per entro il corpo del ghiaccio si vanno formando delle superficie opache che si espandono sempre più col lento aumentare della

[1] I Professori James Thomson e Clausius dimostrarono questa legge per via sperimentale, indipendentemente l'uno dall'altro e quasi a un tempo stesso.

Digitized by Google

pressione; qua e là notate qualche cosa che rassomiglia a cristalizzazione; si formano delle figure a guisa di foglie di felce che percorrono rapidamente il ghiaccio, e vi notate un movimento indubbio osservandone le punte ed i margini. Queste superficie opache sono altrettanti spazii di liquefazione, e il movimento che vi scorgete dipende dal ghiaccio che si scioglie in acqua sotto la pressione. Quest'acqua è più fredda del ghiaccio prima che fosse sottoposta a pressione, cessando la pressione non solo cessa il liquefarsi ma l'acqua ritorna a congelare; il freddo prodotto dalla liquefazione del ghiaccio sotto la pressione è sufficiente a congelare di nuovo l'acqua che ne risulta, quando venga levata la pressione.

431. Se invece di diffondere la pressione su larga superficie la concentriamo su di una superficie piccola, la liquefazione si farà più rapidamente, come lo dimostrò recentemente Bottomley con un esperimento di singolare bellezza ed altrettanto interessante. Posiamo su dei sostegni di legno le due estremità di una barra di ghiaccio lunga 25 centimetri, alta 10 e larga 7, e facciamo passare sulla linea mediana di questa barra un filo di rame del diametro di 1 o 2 millimetri; ora riunendo i due capi di questo filo ed attaccatovi un peso di 6 o 7 chilogrammi, tutta la pressione di questo peso viene ad essere concentrata su quella parte di ghiaccio che corrisponde per così dire al filo; ne risulta che il ghiaccio sotto al filo si scioglie, l'acqua ottenuta scorre intorno al filo, ma al momento stesso che non subisce più la pressione torna a congelarsi intorno al filo, il quale trovasi così involto da una crosta ghiacciata prima ancora di penetrare nel ghiaccio; il filo intanto continua ad approfondarsi nella

Digitized by Google

barra, l'acqua fluisce senza posa congelandosi sempre dietro al filo; nello spazio di mezz'ora il filo ha attraversato lo spessore della barra e il peso cade. Si scorge manifestamente la strada percorsa dal filo attraverso al ghiaccio, ma le due superficie di taglio si son saldate ancora assieme così solidamente che la barra si romperà con altrettanta facilità, altrove, che al punto di congelamento.

432. Boussingault ha instituito in proposito un altro bellissimo esperimento. Riempie d'acqua un cilindro cavo di acciajo e lo sottopone a raffreddamento; l'acqua, come sapete (§ 45), convertendosi in ghiaccio si espande; perchè si effettui la congelazione è necessario infatti uno spazio maggiore di quello occupato dal liquido; ma in questo caso l'acciajo si oppone all'espansione, e l'acqua resta liquida a temperatura superiore a 0°; si può persuadersene scuotendo contro le pareti di metallo una palla che sia stata introdotta nel cilindro insieme all'acqua; aperto il rubinetto di che è munito il cilindro, e tolta quindi la pressione, l'acqua si converte all'istante in ghiaccio.

433. Si comportano così solo quelle sostanze che si *dilatano* solidificandosi. Il bismuto si comporta come l'acqua; il piombo, la cera, lo solfo si contraggono invece nel solidificarsi, onde il loro punto di fusione *sale* sotto l'azione della pressione.

434. Ed ora eccovi idonei a capire la teoria del Professore James Thomson del rigelo. Quando due pezzi di ghiaccio vengono compressi l'uno contro l'altro, ne risulta, egli dice, la liquefazione; l'acqua si espande intorno ai punti di pressione e rigela togliendo la pressione, formando così una specie di cemento fra i due pezzi di ghiaccio.

Digitized by Google

§ 63. *Opinione di Faraday sul rigelo.*

435. Non è tanto facile lo esporre le opinioni di Faraday intorno al rigelo, nondimeno mi proverò a darvene una idea, incominciando coi fatti che sono ammessi. L'acqua, anche in vasi aperti, può subire un abbassamento di temperatura di alcuni gradi sotto 0° restando sempre allo stato liquido; può anche essere elevata ad una temperatura al di sopra di 100° C. e non bollire. Ciò dipende dalla mutua coesione delle particelle dell' acqua, la quale coesione si oppone a che l'acqua si cambi tanto in solido che in vapore.

436. Ma se gettate un pezzetto di ghiaccio nell' acqua reffreddata sotto a 0°, la coesione si interrompe e immediatamente si effettua il congelamento; e se nell'acqua scaldata sopra a 100° C. introducete una bolla di aria o di vapore, rotta anche qui la coesione, incomincia all' istante l'ebullizione.

437. Faraday conchiude da ciò che *nell' interno* d' ogni corpo, solido o liquido, dove ogni molecola viene costretta, per così dire, dalle molecole che la circondano, e costringe a sua volta insieme alle altre, la somma di coesione è tale che per cambiare lo stato di aggregazione delle molecole, si richiede una temperatura più alta di quella che basterebbe *alla superficie.* Alla superficie di un pezzo di ghiaccio, per esempio, le molecole, da un lato, sono libere dall'azione delle altre molecole, onde cedono all'azione del calore più facilmente di quelle che stanno all'interno. La bolla d'aria o di vapore lanciata nell'acqua riscaldata oltre 100° centigradi, libera da un

Digitized by Google

lato una data estensione di molecole, da qui la ebullizione non appena introdotta nella massa di liquido. Quindi, praticamente parlando, il punto di liquefazione dell' interno del ghiaccio è più alto di quello del ghiaccio alla superficie. Faraday parla altresì dello speciale potere solidificante che esercitano i corpi sulle loro proprie molecole. Un pezzo di canfora chiuso in una bottiglia, empie l'ambiente della bottiglia di un' atmosfera di canfora; in tale atmosfera, per l'incessante depositarsi di molecole di canfora sulla canfora, si possono formare dei cristalli di tale sostanza, ad una temperatura troppo alta perchè si possa fare il più piccolo deposito *sul vetro adjacente.* Si può dire lo stesso dello solfo, del fosforo e dei metalli in fusione; si depositano su parti solide della loro stessa sostanza, a temperatura troppo alta perchè si abbiano a solidificare su di altre sostanze.

438. L'acqua è un esempio lampante di questa forza speciale di solidificazione; la si può raffreddare di oltre cinque gradi sotto 0° senza che agghiacci, ciò che non è più possibile se nell'acqua galleggia un piccolo frammento solo di ghiaccio, nel qual caso l'acqua gela precisamente a 0° depositandosi però non sulle pareti del vaso ma sul *pezzo di ghiaccio.* Faraday osservò, in un apparecchio di refrigeramento, dei piccoli cristalli di ghiaccio aumentare, nell'acqua a 0°, fino alla lunghezza di sei, otto, dieci pollici, e questo ad una temperatura impropria perchè si avessero a depositare sulle pareti del vaso.

439. Eccoci ora in grado di capir meglio le idee di Faraday sul rigelo. Allorchè si mettono a contatto fra di loro le superficie di due pezzi di ghiaccio rivestite di un pelo d'acqua di liquefazione, il sottile strato d'acqua passa

Digitized by Google

dalla superficie al centro del ghiaccio dove il punto di liquefazione, come abbiam dimostrato, è più alto che non alla superficie; allora la forza speciale di solidificazione del ghiaccio sull'acqua agisce *d'ambi i lati dello strato.* Faraday opinava che, in tali circostanze, il sottile strato d'acqua deve congelarsi e saldare assieme così le due superficie.

440. L'abbassarsi del punto di congelamento per la pressione non è che di $^1/_{126}$ di grado centigrado per atmosfera. Vista la frazione infinitesimale di questa pressione che si mette in attività in alcuni casi di rigelo, Faraday opinava che l'effetto doveva esserne insensibile. Sospendeva dei pezzi di ghiaccio e li metteva a contatto fra di loro senza pressione possibile, e nondimeno congelavano assieme. Il professor J. Thomson credeva per altro, che la sola attrazione capillare esercitata fra queste due masse, bastasse a produrre il rigelo. Ad illustrare questo argomento si possono instituire le seguenti esperienze:

441. Sotto a un piccolo pezzo di ghiaccio galleggiante sull'acqua, applicatene un secondo pezzetto; il piccol volume del pezzo sommerso non può esercitare che una pressione infinitesimale, e nondimeno si salderà congelandosi contro la superficie inferiore del pezzo galleggiante.

442. Mettete due pezzi di ghiaccio in un bacino d'acqua calda in modo che si tocchino, e in breve si saldano insieme. Le parti intorno al punto di contatto si sciolgono, ma i due pezzi si mantengono uniti per un certo tempo mediante un sottil strato di ghiaccio, finchè questo pure si fonde e i due pezzi restano separati per un momento; ma l'attrazione capillare li richiama tosto l'uno verso l'altro e si ristabilisce il rigelo. Si forma un nuovo legame, que-

Digitized by Google

sto si scioglie ancora, poi i due pezzi tornano a saldarsi, si stabilisce così una sorta di pulsazione fra i due pezzi di ghiaccio; si toccano, si saldano, si forma un ponte fra di loro che poi si fonde, e continua questo processo ritmico fino a totale fusione del ghiaccio.

443. Secondo la teoria del professore J. Thomson, per liquefare il ghiaccio è necessaria la pressione. Il calore necessario per la liquefazione deve provenire dal ghiaccio stesso, e l'acqua fredda deve sottrarsi alla pressione per congelarsi. Ora, nelle esperienze precedenti, invece di trovar via a congelarsi, l'acqua fredda *sfugge nell' acqua calda* e nondimeno i pezzi galleggianti congelano assieme in un momento. Le superficie di contatto possono altresì esser convesse, possono esser ridotte praticamente a *punti* contornati d'acqua calda che li discioglie rapidamente intanto che si avvicinano l'un l'altro, eppure non appena si toccano congelano assieme.

444. Imparerete da tutto ciò che, in argomenti scientifici, come in ogni altro, c'è campo per opinioni diverse. È di regola in tal caso di sospendere ogni giudizio finchè il punto controverso resta tale. Può darsi qui che agiscano, tanto la forza supposta da Faraday quanto quella supposta da Thomson; e non saprei come meglio finire questo argomento che citando le parole stesse colle quali conchiudeva Faraday, parole che dimostrano quanto egli serbasse libera da dogmatismo la sua convinzione scientifica: « certo, » egli dice, « esperienze più esatte ci permetteranno in seguito di criticare tali risultati, in guisa che, separando il vero dal non vero potremo stabilire la vera teoria del rigelo. »

Digitized by Google

§ 64. *Le vene azzurre dei ghiacciai.*

445. Ormai presso al fine di questi nostri studii, non ci resta che un solo importante argomento da considerare, che fin qui abbiamo lasciato da parte, imperocchè ci abbisognava, per ben capirlo, di una profonda cognizione del ghiacciajo; più, ci dovemmo famigliarizzare, per via di esperienze, colla facoltà che possiede il ghiaccio, rammollito dal disgelo, di cedere alla pressione e sotto l'azion di questa, di liquefarsi.

446. La neve ci si appalesa bianca, ma se ne esaminate le molecole distintamente le direte *trasparenti* e non bianche. La bianchezza della neve deriva dalla mescolanza della molecola di ghiaccio con piccoli interstizi d'aria. La bianchezza di tutti i corpi trasparenti deriva appunto da una tale mescolanza. Il vetro, il cristallo il più puro diventa polvere bianca, pestandolo; la spuma dello champagne è bianca per l'intima mescolanza di un liquido trasparente. La carta bianca è composta di fibre individualmente trasparenti.

447. La bianchezza però, non è prodotta dall'aria o dal gas, ma dalla *separazione ottica* delle molecole che dà origine ad una moltitudine di riflessioni della luce solare bianca sulle superficie loro.

448. A tal causa abbiamo già attribuita la bianchezza della superficie netta di un ghiacciajo (112) e degli icebergs del Märgelin See (357). La superficie è frastagliata da innumerevoli screpolature per azione del calor solare, e il riflesso della luce solare dai margini delle piccole fessure dà luogo all'aspetto che vi si osserva.

Digitized by Google

449. Così se fate gelare dell'acqua in una pipetta immersa in una mescolanza frigorifera, il ghiaccio che si ottiene è bianco, e in generale è bianco il ghiaccio che si fabbrica colle macchine refrigeranti. Esaminate questo ghiaccio e lo troverete pieno di piccole bollicine d'aria. Quando la congelazione è lenta assai, la forza cristallizzante respinge l'aria e ne risulta un ghiaccio trasparente; se l'acqua gela rapidamente, l'aria resta racchiusa prima di sfuggire e il ghiaccio è *pellucido*. Pure anche nel caso di congelazione rapida, Faraday riescì ad ottenere del ghiaccio trasparente, allontanando con una piuma le bollicine d'aria, mano mano si producevano.

450. Il ghiaccio dei laghi non si produce in modo uniforme ma intermittente, qualche volta lento, qualche volta rapido. Quando si forma lentamente, l'aria che trovasi sciolta nell'acqua ne vien pressa fuori e va a formare uno strato di bolle alla superficie inferiore del ghiaccio. Una rapida congelazione imprigiona l'aria, e così troviamo di solito che il ghiaccio di lago è costituito da strati alternativamente trasparenti e pieni di bolle; questi strati ci svelano chiaramente i piani di congelazione del ghiaccio di lago.

451. Vediamo ora come si possano applicare queste nozioni. Sotto la cascata del Géant, ai piedi della cascata del Talèfre, e più a valle sulla Mer de Glace, poi fra le più alte regioni dei ghiacciai del Grindelwald, dell'Aar, dell'Aletsch e del Gõrner, il ghiaccio non possiede quella trasparenza che ha presso le estremità dei ghiacciai, è invece bianco o bianchiccio, e perchè? Esaminandolo troviamo che è pieno di piccole bollicine d'aria, le quali, come abbiam visto, sono causa di questa bianchezza.

Digitized by Google

452. Queste bollicine rappresentano quanto resta dell'aria imprigionata in origine nella neve, dalla quale dipende, come sappiamo, la bianchezza della neve. Nel discendere che fa il ghiacciajo, le bollicine vengono spinte fuori dalle enormi pressioni cui deve soggiacere il ghiaccio; e non solo tale espulsione è causata dal cedere meccanico del ghiaccio che si fonde, ma il liquefarsi del ghiaccio dove si esercita una pressione violenta, aprendo così aditi all'aria che sfugge, deve contribuire per molta parte al consolidarsi del ghiacciajo.

453. Le bollicine per altro, non vengono espulse in modo uniforme; poichè nè il ghiaccio nè alcun'altra sostanza offrono resistenza assolutamente uniforme alla pressione. Ai piedi di ciascuna cascata che noi visitammo, e sulle pareti dei crepacci che vi si sono formati, notammo numerose strisce azzurre attraverso il ghiaccio bianco pellucido, che danno all'intera massa un aspetto laminoso. Esaminate queste venature azzurre, trovasi che sono costituite da spazii dai quali sono state espulse quasi totalmente le bolle d'aria, di modo che il ghiaccio di pellucido è diventato trasparente.

454. È questa la *struttura venata* o *venatura* del ghiacciajo, intorno all'origine della quale si sono emesse diverse opinioni.

455. Or vediamo se è possibile sciogliere il problema. Sui nevischi del Col du Géant e di altri ghiacciai abbiam trovate delle screpolature, degli infossamenti, e dei *bergschrunds* che mettono allo scoperto profonde sezioni del nevischio, sulle quali abbiam rilevate le tracce dei margini di strati a mezzo consolidati, prodotti evidentemente da successive cadute di neve. Il nevischio è stratificato

Digitized by Google

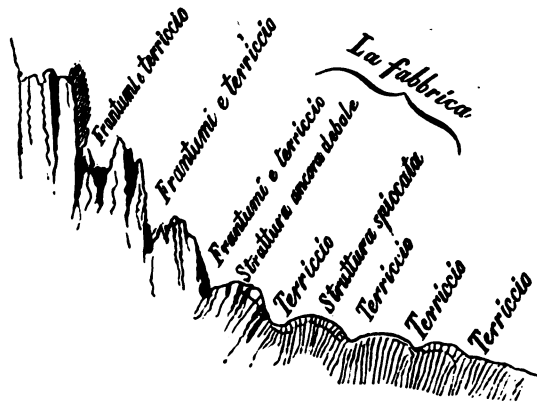
perchè il materiale di che si compone vien fornito dall'atmosfera ad epoche intermittenti; allorchè vedemmo per la prima volta le vene azzurre le credemmo dipendessero da questa stratificazione.

456. L'osservazione e la riflessione però ci hanno tosto cancellata quest'idea, la quale infatti non poteva reggere dinanzi al fatto solo che, alla base delle cascate di ghiaccio le vene sono sempre o pressochè *verticali*; non ebbimo via per spiegare in qual modo gli strati orizzontali del nevischio avrebbero potuto esser rovesciati, alla base della cascata, tanto da trovarle poi sul loro margine; l'aspetto inoltre di queste vene è tutt'altro di quello della stratificazione.

457. Più, sulle parti centrali delle cascate non ci sono segni di vene; incominciano alle basi e raggiungono il massimo loro sviluppo un po' al di sotto della base. Sulle alture che domina il Zäsenberg, allorchè studiavamo la cascata del Strahleck, che è un ramo del ghiacciajo di Grindelwald, non ebbimo più dubbio che le vene incominciassero alla base della cascata, e questo punto l'abbiam chiamato la *fabbrica*, volendo dire che la costruzione venata si faceva là appunto e non sul nevischio.

458. Questo peraltro non è che l'espressione di una valida *opinione*, non è già una *dimostrazione;* e in scienza non dobbiamo accontentarci dell' opinione se non quando ci è impossibile ottenere una spiegazione soddisfacente; il desiderio di riposo non ci deve impedire di cercare questa prova, e non v'è coscienza più severa della coscienza scientifica, la quale richiede in ogni caso possibile di sotituire al convincimento individuale la dimostrazione concludente.

Digitized by Google



SEZIONE DI CASCATA E GHIACCIAJO SOTTOPOSTO.
ORIGINE DELLA STRUTTURA VENATA.

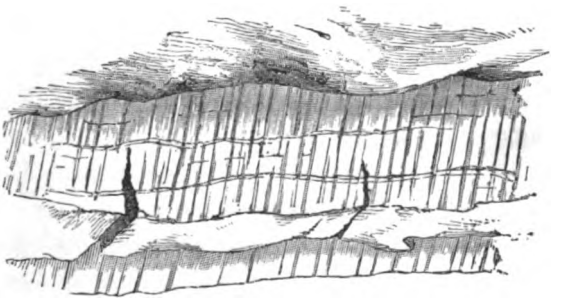
459. Supponiamo, per esempio, ci si mostri il caso di stratificazione del nevischio che si prolunga nel ghiacciajo, che si vedano i piani di giacitura l'uno presso all'altro e nondimeno distinti, tale osservazione escluderebbe la stratificazione dal problema della struttura venata, e così evitata questa fonte di errore ci sentiremo meglio liberi in cerca del vero.

460. Questa prova l'abbiamo cercata sulla Mer de Glace, ma non vi riuscimmo, come non l'abbiamo trovata sul Grindelwald e sui ghiacciai dell'Aar [1]. Fu sul ghiacciajo d'Aletsch che osservammo per la prima volta coesistere in apparenza la stratificazione e la struttura, l'una *tagliando* l'altra sulle pareti dello stesso crepaccio. Il caso

[1] Agassiz, peraltro, riferisce un caso di questa sorta osservato sul ghiacciajo dell'Aar.

Digitized by Google

però non era abbastanza spiegato per infonderci tutto il convincimento, e visitammo il ghiacciajo Gõrner proseguendo le nostre ricerche.



STRUTTURA E STRATIFICAZIONE DEL GHIACCIAJO D'ALETSCH.

461. Colà ogni dì ci si presentavano fatti ed argomenti tali da convincerci che stratificazione e struttura eran due cose differenti, ma senza però fornircene la prova definitiva; abbiamo fatto il possibile per trovarla e ce ne ritornammo peraltro colla coscienza di nulla aver intralasciato.

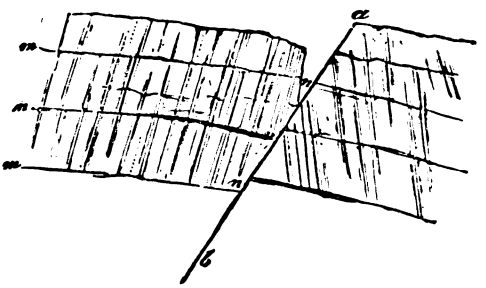
Laggiù alla base del Matterhorn trovasi il ghiacciajo di Furgge che non abbiamo ancora esplorato; vediamo di farvi un ultimo tentativo.

462. Dall'estremità risalendo il ghiacciajo, ci troviamo tosto in faccia ad una barriera costituita da tre muraglie successive di nevischio, disposte a guisa di gradinata. Il piede di ciascuna muraglia è separato dalla cima della susseguente da un bordo sul quale passano massi minacciosi di nevischio spezzato: ci troviamo fra massi e frantumi per certo caduti da questi bordi, carichi d'altri massi che stanno lì lì per precipitare essi pure.

Digitized by Google

463. Sulle pareti verticali di quella barriera, vediamo segnate a chiare note le linee orizzontali di stratificazione tagliate quasi ad angolo retto da tracce che rassomigliano assai a quelle della struttura venata. La superficie verticale ha subita l'azione del tempo, e le linee di struttura, se pur son quelle, sono indistinte. Ora il problema sta nel rimuovere la superficie e mettere allo scoperto il ghiaccio sottoposto; è un altro dei molti casi che già ci si sono presentati, nei quali dev'esser messo in bilancia il valore di un'osservazione col pericolo che involve.

464. Non si procede da temerari; ma scandagliati i margini e scelto un punto di attacco, troviamo che il pericolo non è tale da farci arretrare. Ci avviciniamo alla muraglia, ne togliam via la superficie e scopriamo con grata soddisfazione le venature azzurre al di sotto dello strato superficiale, venature verticali, mentre la giacitura degli strati è orizzontale. Bruce, disfatto in molte battaglie, tenne duro e vinse alla fine, e noi pure, qui sul ghiacciajo di Furgge, abbiam vinto la nostra piccola battaglia di Bannockburn.



STRUTTURA E STRATIFICAZIONE DEL GHIACCIAJO DI FURGGE.

Digitized by Google

465. Non ci affrettiamo però a cantar vittoria; respinta la teoria della stratificazione, non vi abbiamo ancor nulla sostituito.

§ 65. *Nesso fra la struttura e la pressione.*

466. Questa struttura venata fu descritta pel primo dal naturalista svizzero Guyot, che ora risiede negli Stati Uniti. Vi ho indicato dal Grimsel Pass il ghiacciajo di Gries che si distende sui monti dall'altra parte della valle del Rodano; è appunto su questo ghiacciajo che Guyot fece la sua osservazione.

467. « Ai miei piedi », egli disse, « vidi la superficie intera del ghiacciajo cosparsa di solchi regolari larghi da da 1 a 2 piedi, tracciati in una massa per metà nevosa e separati da sporgenze di ghiaccio più duro e più trasparente. Qui il ghiacciajo era manifestamente composto di due sorta di ghiaccio, quello dei solchi, nevoso e più facile a fondersi, e quello delle lastre sporgenti più perfetto, cristallino, vitreo e resistente, ed era evidente altresì che la causa dei solchi dovevasi attribuire all'ineguale resistenza che offrivano all'atmosfera le due sorta di ghiaccio.

468. « Seguendo questi solchi per qualche centinajo di metri, giunsi ad un crepaccio largo venti o trenta piedi, il quale tagliando lastre e solchi ad angolo retto, lasciava allo scoperto l'interno del ghiacciajo ad una profondità di trenta o quaranta piedi, presentando così una bellissima sezione trasversale della struttura. Fin dove potè giungere il mio sguardo, vidi che la massa del ghiacciajo era composta di strati di ghiaccio nevoso, separati l'uno

Digitized by Google

dall'altro da una delle lastre più dure che ho accennate, e il tutto costituiva così una regolare massa lamellata rassomigliante a certi schisti calcari ».

469. Vi ricorderete che su ciascun ghiacciajo che abbiam visitato vi ho sempre indicati questi piccoli solchi superficiali, ed abbiamo notato altresì che appunto in tali solchi si raccoglie principalmente il terriccio che trovasi sparso sul ghiacciajo; si direbbe che siasi fatto correre sul ghiaccio un rastrello; dove questi solchi sono interrotti dai crepacci, la struttura venata è sempre manifesta sulle pareti del crepaccio. La superficie a solchi è indizio certo di struttura lamellata in seno al ghiaccio.

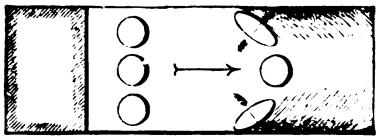
470. Abbiamo tenuto dietro a questa struttura nelle diverse parti del ghiacciajo dov' era più distinta, ponendo particolare attenzione alle condizioni del ghiaccio in questi punti. Il solo fatto che il ghiaccio taglia i crepacci ad angolo retto è di grande significato. Ci è nota l'origine meccanica dei crepacci, sono screpolature formatesi perpendicolarmente alle linee di tensione; ma poichè anche i crepacci sono perpendicolari ai piani di struttura, tali piani devono essere paralleli alle linee di tensione.

471. Sui ghiacciai peraltro è raro che la pressione sia sola; ai lati dei ghiacciai, per esempio, dove si formano i crepacci marginali, la tensione è sempre accompagnata da pressione, l'una che agisce perpendicolarmente all'altra. E qui la struttura venata, parallela alle linee di tensione, *è perpendicolare alle linee di pressione.*

472. Ed è facile il dimostrarlo. Supponete che la figura qui unita rappresenti il letto del ghiacciajo e che questo si muovi nella direzione della freccia; supponete di segnare sul ghiaccio tre circoli uno al centro ed uno per

Digitized by Google

lato; in un ghiacciajo di inclinazione uniforme, questi tre circoli si muoveranno seguendo il moto del ghiacciajo e il centrale solamente conserverà la figura circolare; per effetto del ritardo dei bordi i circoli marginali subiranno la forma ovale, si troveranno insomma *allungati* in un senso e *compressi* nell'altro. Attraverso il maggior diametro, che è la direzione della corrente, abbiamo i crepacci marginali; attraverso il diametro minore *m n*, che è la direzione della pressione, abbiamo la *struttura venata marginale.*



473. La pressione va invariabilmente unita alla struttura. Ai piedi delle cascate, dove l'inclinazione del letto del ghiacciajo cambia ad un tratto, la pressione in molti casi non solo può chiudere i crepacci ma comprimere altresì violentemente il ghiacciajo; in tali punti è sempre manifesta la struttura, e la si distingue dall'uno all' altro lato del ghiacciajo. Quando si congiungono assieme due rami di ghiacciajo, la spinta loro aumenta la struttura marginale che c'era fin da prima in ciascuno dei rami e sviluppa nuovi piani di stratificazione; onde sotto le morene mediane troviamo di solito bene sviluppata tale struttura; è bellissima, per esempio, sotto la grande morena mediana del ghiacciajo dell'Aar.

474. Su questo ghiacciajo infatti furono osservate queste venature azzurre, e indipendentemente dalle osservazioni

BIBLIOTECA ✠ ABBAZIA DI S. SCOLASTICA

Digitized by Google

di Guyot fatte tre anni prima. Dico indipendentemente, perchè la descrizione di Guyot, quantunque fatta nel 1838 non fu stampata ed era ignota agli esploratori dell'Aar, nel 1841, Agassiz e Forbes; il qual ultimo dedicò molta attenzione all'argomento della struttura, anzi il posto eminente che occupa ora questo soggetto nello studio dei fenomeni dei ghiacciai, è dovuto in gran parte alle osservazioni ed ai ragionamenti di Forbes.

475. Così senza abbandonare i ghiacciai posiamo il nesso che sta fra pressione e struttura. Non c'è nulla nell'esperienza nostra scientifica antecedente cui riferire questi fatti? Le novelle nozioni di natura devono sempre collegarsi colle radici delle antecedenti e spuntar fuori come nuovo ramo.

§ 66. *Clivaggio dell'ardesia e struttura lamellata del ghiaccio.*

476. Guyot ebbe l'idea sagacissima di paragonare la struttura nevata al clivaggio delle rocce ardesiache. Occupiamoci un po' di questo clivaggio, perchè esso ci fornisce la chiave del problema che ci occupa ora. Portiamoci quindi alle cave di pietra di Bangor o del Cumberland ed osserviamo i lavoratori di pietra; armati di un utensile a punta lo introducono destramente nel margine dell'ardesia, la quale si divide così in lastre sottili che servono poi a coprir tetti o a far lavagne. Le superficie lungo le quali si divide la roccia, chiamansi *piani di clivaggio*.

477. La direzione di questi piani è sempre costante in tutta la cava. Or come si spiega questa struttura lamellata?

Digitized by Google

478. Si potrebbe considerare questo clivaggio come un caso di stratificazione; è un fatto che in diverse parti d'Inghilterra vi sono rocce che si possono fendere in lamelle lungo i piani di giacitura; ma allorchè esaminiamo queste rocce ardesiache, verifichiamo l'osservazione fatta pel primo, io credo, dall' illustre e venerabile professore Sedgwick, che i piani di giacitura tagliano generalmente quelli di clivaggio.

479. Qui, come vedete, abbiamo il caso affatto simile a quello della struttura lamellata del ghiacciajo, che riguardavamo dapprima dovuta alla stratificazione; poi trovammo piani di lamine che tagliavano gli strati del nevischio, precisamente come i piani di clivaggio intersecano gli strati delle rocce ardesiache.

480. L'analogia va ancora più in là, il clivaggio dell'ardesia restò un'enigma pei geologi, fino a che Daniel Sharpe scoprì che le conchiglie, i fossili, e gli altri corpi trovati nell' ardesia, giaciono sempre a piatto nei piani di clivaggio.

481. Visitate un Museo qualunque bene ordinato, quello per esempio della Scuola delle Miniere in Jermyn Street, ponete attenzione ai pezzi colà esposti, specialmente ai fossili trilobiti tolti dalla roccia ardesiaca, e li troverete in qualche caso ridotti a un terzo del loro volume primitivo; sono molti gli esempi di conchiglie manifestamente ridotte piatte.

482. Alle prove addotte da Sharpe, Sorby ne aggiunse altre ancor più valide, fondate sull' esame microscopico della roccia ardesiaca. Dalle prove fornite da queste due autorità, non si può a meno di concludere che tali rocce hanno subíto una pressione enorme che agì in direzione

Digitized by Google

perpendicolare ai piani di clivaggio, nella stessa guisa che il ghiacciajo subì evidentemente una grande pressione perpendicolarmente ai piani lamellati.

483. È così dimostrata la coesistenza della pressione e del clivaggio; or si domanda se stanno fra di loro in nesso di causa ed effetto? Il solo modo di rispondere è quello di combinare ad arte le condizioni naturali, e veder poi se si possano produrre i medesimi risultati quali ce li offre la natura.

484. La sostanza di che si compongono le rocce ardesiache, era una volta una marna plastica in seno alla quale si trovaron chiusi dei fossili. Imitiamo ora l'effetto della pressione su questa marna, adoperando invece, della cera bianca e molle; si mette una palla di cera fra due lastre di vetro umide perchè la cera non apiccichi, e si esercita una certa pressione sulle lastre fino a che la palla è appianata.

485. Questa massa piana, sul principio è troppo molle per dare un clivaggio netto, ma se la stracciate la troverete lamellata; raffreddata col ghiaccio troviamo che nessuna roccia ardesiaca offrì mai un clivaggio sì bello. Inutile il dirvi che le lamine sono perpendicolari alla pressione.

486. Una fra le cause di questo stato laminoso sta in ciò, che la cera è un aggregato di granuli le superficie dei quali non offrono che una debole coesione, e che per effetto della pressione questi granuli diventano appianati, e costituiscono così dei piani di coesione debole, perpendicolari alla direzione della pressione.

487. Io sono d'avviso che la causa principale del clivaggio sta nello sdrucciolamento laterale delle particelle

Digitized by Google

di cera l'una sull'altra; la coesione originale viene distrutta e vi si sostituisce un'adesione insufficiente. Così lo sdrucciolamento di tangente è causa di laminazione, come quello delle ruote sfoglia i raili in vicinanza della stazione.

488. Possiamo esperimentare sull'ardesia stessa invece della cera, polverizzarla, aggiungervi dell'acqua, e riprodurre così la marna primitiva; comprimendola poi in una direzione unica, possiamo riprodurre il clivaggio.

489. Ricordiamo ora la proprietà che ha il ghiaccio fondente di cedere alla pressione, ricordiamoci del raccorciamento del ghiacciajo del Géant e del restringimento di quello di Léchaud a Trélaporte. Tale sostanza, sottoposta a lenta pressione, deve cedere lateralmente; le particelle che la costituiscono sdrucciolano l'una sull'altra, e la coesione distrutta si ristabilisce immediatamente per azione del rigelo; così cede uniformemente ma seguendo certi piani, si liquefa anche, non in modo uniforme, ma secondo speciali superficie. Tanto lo sdrucciolamento quanto il liquefarsi avranno luogo principalmente in senso perpendicolare alla direzione della pressione, e ne risulta lo stato laminoso del ghiacciajo.

490. Finchè è intatto, il ghiaccio lamellato del ghiacciajo retiste al clivaggio; il rigelo, come ho detto, ristabilisce la coesione, ma allorchè questo ghiaccio trovasi esposto all'azione degli elementi, la struttura di esso si fa manifesta, e lo si può fendere in tavole di 30 centim., di 1 metro, quadrati.

Digitized by Google

§ 67. *Conclusione.*

491. Qui, amici miei, finiscono i nostri studii, ed è stato per me un vero piacere l'avervi avuto a compagni. Col sudore della nostra fronte siamo spesso saliti a sommità non indifferenti dove c'era l'oggetto delle nostre osservazioni, vi siete sempre mostrati fermi e arditi, affidandovi in ogni caso possibile ai vostri muscoli piuttosto che ai miei; vi ho dato di braccio a quando a quando ajutandovi a sormontare un ciglio, ma siete voi che quasi esclusivamente vi siete felicemente arrampicati. E così io vorrei insegnarvi tante e tante altre cose, additandovi per qual via i vostri studii vi profiteranno, ma lasciando tutto a voi lo studio e la fatica; preferisco destarvi la capacità di superare ostacoli, piuttosto che appianarvi la via.

492. Fermi, prudenti, coraggiosi, non senza cautela sul ghiaccio e sulla roccia, perseveranti negli sforzi intellettuali, qualità ancor più rara. Detto qui, il nostro compito può parer facile, ma noi sappiamo quanta fatica ostinata ci costi il trovar fuori un significato, una spiegazione dei fatti. Comunque sia, il nostro lavoro è finito, ed eccovi padroni di un frammento di scienza sicura e certa fondata sullo studio fedele della natura. Forse che non ne valeva la pena? O meglio questa pena, l'esercizio salutare per quanto rude, di mente e di corpo, sull'alpe e sul ghiacciajo, non fu dessa parte del nostro diletto?

493. Ed ora ci dobbiamo separare; quand'anche non ci avessimo a veder più, saremo sempre uniti nella memoria di questi giorni. Datemi la mano; addio.

Digitized by Google

APPENDICE.

CONFERENZA DI H. HELMHOLTZ

Digitized by Google

Digitized by Google

IL GHIACCIO E I GHIACCIAI.

Il mondo del ghiaccio e delle eterne nevi, quale ci si spiega dinanzi sulle vette delle Alpi vicine, (1) esercita su di noi un fascino particolare, per quanto deserto sia questo mondo, isolato, pericoloso; non solo ferma l'attenzione del naturalista che vi attinge elementi mirabili per la storia attuale e passata del globo terraqueo, ma vi attira inoltre nella bella stagione migliaja di curiosi d'ogni classe della società che colà si spingono per rinfrescarsi e spirito e corpo. Gli uni si accontentano di ammirare da lungi lo splendido paesaggio ornato dai mari di pura luce di che brillano le vette nevose che spiccano fra l'azzurro del cielo e il verde dei prati, altri invece, audaci, penetrano in questo strano mondo, esponendosi a fatiche immense, a pericoli imminenti e d'ogni passo per goderne da vicino il grandioso e nuovo spettacolo.

Non mi proverò, come già s'è fatto più volte, di dipingervi a parole la bellezza di questa natura maestosa che il viaggiatore ammira attonito; amo credere che molti fra di voi la conoscano, onde io penso che la memoria dell'impressione avutane vi possa disporre l'animo a meglio

(1) Questa confererza fu tenuta ad Heidelberg, quando Helmholtz era professore di quell'Università.

Digitized by Google

prestare orecchio benigno alla esposizione dei fenomeni principali che la scienza moderna osserva nel mondo del ghiaccio.

Là troviamo, che nel ghiaccio, piccole particolarità che in altre circostanze si sarebbero considerate quali sottigliezze scientifiche, diventano cause dei fenomeni più importanti dei ghiacciai; massi informi di roccia narrano la storia loro all'attento osservatore, istoria che spesso risale molto al di là del passato del genere umano e che si perde nelle tenebre delle prime età; troviamo l'azione calma, regolare e benefica di prodigiose forze naturali, laddove a primo colpo d'occhio non si vedevano che deserti immensi in mezzo ad una solitudine incolta e desolata, come un campo di battaglia sul quale siansi urtate forze devastatrici con terribile e minacciosa confusione.

Credo di potervi assicurare che lo studio dell'insieme di questi fenomeni, e non posso esporvene in oggi più che un sommario, non vi sarà solo un insegnamento prosaico, ma vi farà più viva l'impressione che proverete dinanzi alle grandiose scene dei monti, aumentando l'interesse o l'ammirazione che destano in voi.

Incomincerò col ricordarvi i tratti principali dei campi di neve e di ghiaccio dei monti più elevati, cui aggiungeremo quel che ci insegnarono le misure esatte; poi spiegheremo l'assieme delle cause di tutti questi fenomeni.

Più ci innalziamo salendo una montagna, più si sente il freddo. L'atmosfera nostra è distesa sulla terra come una coperta calda; è press' a poco del tutto trasparente pei raggi caloriferi luminosi del sole e li lascia venire fino a noi senza oppor loro una resistenza apprezzabile. Ma

Digitized by Google

non lascia passare altrettanto bene i raggi caloriferi oscuri che irradiano dai corpi terrestri riscaldati e che tendono a perdersi negli spazii celesti. Questi raggi oscuri vengono assorbiti dall'aria atmosferica, tanto più quando è umida; così la massa d'aria si riscalda essa pure, e non cede che assai lentamente agli spazii celesti il calore acquisito. La perdita di calore è adunque lenta in proporzione dell'assorbimento, onde s'accumula alla superficie della terra una certa somma di calore. Sulle alte montagne questo strato atmosferico è assai meno denso, là il calore irradiato dalla superficie della terra può sfuggire molto più rapidamente per gli spazii celesti, onde la somma di calore vi è minore e la temperatura quindi più bassa che al piano.

A questa causa bisogna aggiungere un'altra proprietà dell'aria che agisce nel medesimo senso. Quando una massa d'aria si dilata, perde una parte del proprio calore e si raffredda se non le viene dal di fuori nuova quantità di calore; quando all'incontro poi si comprime, l'aria riproduce la quantità di calore perduta nel dilatarsi. Allorchè, per esempio, i venti del sud spingono verso il nord l'aria calda del Mediterraneo facendole sorpassare la grande catena delle Alpi ove, come lo indica la debole pressione barometrica, si dilata raddoppiando a un di presso di volume, vi si raffredda in modo considerevole — da 16 a 25 gradi R. per un'altezza media di 11000 piedi, secondo il grado di umidità atmosferica. — L'aria nel tempo stesso depone una gran parte della propria umidità, e la depone sotto forma di pioggia o di neve; poi discendendo pel versante nord delle Alpi, nelle valli e nelle pianure, di nuovo si condensa e si riscalda e dà origine al vento noto in Svizzera

Digitized by Google

col nome di *foehn*. Così la stessa corrente d'aria, calda ai due lati dei monti, è fredda all'eccesso sulle alture, e vi può deporre della neve, mentre al piano ci è calda in modo insopportabile.

L'abbassamento di temperatura prodotto da queste due cause sulle alture, è già assai sensibile sui monti meno elevati che ci circondano; nell'Europa centrale, la temperatura discende a un di presso di 1 grado R. per un'altezza di 600 piedi; nell'inverno questa variazione è minore di circa 1 grado per 900 piedi. Nelle Alpi dove le altezze sono ingenti, trovansi differenze di temperatura assai maggiori, tanto che sulle parti più elevate delle sommità e dei fianchi delle montagne, la neve caduta nell' inverno non si fonde più coll'estate. Ognuno sa che la linea al di sopra della quale il suolo è coperto di neve tutto l'anno, chiamasi *la linea, il confine delle nevi perpetue*; sui versanti nord delle Alpi è all'altezza di circa 8000 piedi, sui versanti sud a 8800 piedi. Al di là del limite delle nevi qualche volta si danno belle giornate di sole e calde; anzi l'irradiazione del sole, che nulla scema, aumentata pel riflesso della neve, diventa spesso affatto insopportabile, tanto che il viaggiatore cittadino ne ha sovente la faccia e le mani bruciate, la pelle si gonfia e si producono alla superficie di questa delle estese ampolle; per non esserne abbacinati, bisogna difendere gli occhi o con un velo o con occhiali, ma di color scuro molto. Prova più gentile della indensità dei raggi solari, la troviamo nei colori vivaci e nel profumo intenso dei fiorellini delle Alpi, i quali nascosti nelle spaccature delle rocce, fioriscono in mezzo ai campi di neve. Malgrado l'intensità dell'irradiazione del sole la temperatura, al di sopra dei campi di

Digitized by Google

neve, non s'innalza che a 5, tutt'al più 8 gradi R., ed è sufficiente a sciogliere una gran parte degli strati di neve superficiali; le ore però e i giorni di caldo sono troppo brevi e troppo rari, per sciogliere le grandi masse di neve caduta durante le freddi stagioni. L'altezza del limite delle nevi, non dipende adunque puramente dalla temperatura sui fianchi della montagna, ma vi ha non poca influenza la massa di neve caduta nell'anno. Sul versante sud, per esempio, degli Himalaya, clima caldo ma umido, questa linea è più bassa che non sul versante nord dove c'è più freddo e più secco. In causa del clima umido dell'Europa occidentale, la neve cade in grande abbondanza sulle Alpi, il che spiega i molti ed estesi ghiacciai che vi si incontrano, e per questo rapporto pochissime giogaje di monti vanno seconde alle Alpi. Sì vaste proporzioni di ghiaccio non le troviamo che sulla catena degli Himalaya sotto l'influenza delle maggiori altezze, nel Groënland e nelle regioni nordiche della Norvegia ove il clima è più freddo, oppure in alcune isole dove l'umidità è maggiore.

Le regioni situate al di sopra del limite delle nevi sono caratteristiche adunque per questo fatto, che la neve caduta al suolo nel corso dell'anno, non si scioglie tutta nell'estate, ma persiste in parte. Questa neve che non si sciolse nell'estate è ormai protetta contro l'influenza del calore solare, perchè l'autunno, l'inverno e la primavera, la ricoprono di nuovi strati di neve. Dopo l'estate vegnente ne resta ancora una parte di data recente, e così un anno dopo l'altro sovrappone agli antichi nuovi strati di neve. Allorchè questo ammassarsi di neve si termina sul ciglio di un precipizio, vi si possono facilmente distinguere gli strati sovrapposti uno dopo l'altro.

Digitized by Google

È però chiaro che questo ammasso di neve, questa sovrapposizione di uno strato sull'altro, non può continuare così all'infinito, se no l'altura delle vette coperte di neve aumenterebbe d'anno in anno. Più si ammassa la neve, più diventan ripidi, tagliati a picco i margini, ed aumenta ancor più il peso che gravita sugli strati antichi e che li sforza a spostarsi. Deve necessariamente giungere un momento, nel quale l'inclinazione diventa troppo ripida perchè vi si possano posare nuovi strati di neve, e il peso che spinge gli strati inferiori a discendere, diventa troppo ingente perchè possano restare dove stanno sul fianco della montagna. Così una parte di neve caduta in origine sulle parti elevate della montagna, al di sopra del limite delle nevi, sarà obbligata ad abbandonare il suo posto originale e cercarne un nuovo; che naturalmente non potrà trovare che al di sotto del limite delle nevi, sulle parti inferiori del fianco della montagna, sopratutto nelle valli. Ma colà, sotto l'influenza di un'aria più calda, si scioglie a poco a poco e cola allo stato di acqua. Dall'alto della sede primitiva, la neve discende qualche volta tutt'ad un tratto, precipita, e forma le valanghe, ma il più sovente discende lentamente pei ghiacciai.

Ed ora abbiamo dunque da esaminare successivamente due specie diversi di campo di ghiaccio; la neve caduta primitivamente, detta *firn* nella Svizzera tedesca, *névé* (nevischio) nella Svizzera francese; trovasi questa al disopra del limite delle nevi, copre i fianchi delle vette, finchè vi può restare aderente, e riempie le parti più in alto delle valli formandovi vasti campi di neve detti *firnmeer*. Poi i ghiacciaj, detti *firner* nel Tirolo; sono prolungamenti dei campi di neve, discendono spesso da 4000 a 5000 piedi

Digitized by Google

al di sotto della linea delle nevi, e vi si ritrova il nevischio dei campi di neve trasformato in ghiaccio solido e trasparente; d'onde i nomi di *gletscher* in tedesco, di ghiaccio e di ghiacciajo, dal latino *glacies*.

L'aspetto esteriore dei ghiacciai, fu assai ben caraterizzato da Gœthe col nome di fiumi di ghiaccio. Discendono

GHIACCIAJO D'UNTERAAR COLLA MORENA CENTRALE.

di solito dai campi di neve, percorrendo valli ed occupandone tutto il largo ad altezze spesso considerevoli; segnano nel loro cammino tutte le sinuosità, le curve, i restringimenti, l'aprirsi della valle; spesso, percorrendo due diverse vallate, i ghiacciai si riuniscono col riunirsi della valle, e costituiscono un sol fiume principale che occupa la valle

Digitized by Google

comune. In certi siti questi fiumi di ghiaccio presentano una superficie piana e continua, più spesso solcata da fessure, e sulla superficie di essi come nelle fessure, colano molti e molti rigagnoli, or più or meno vasti e grossi, che trasportano lungi l'acqua che proviene dal dileguarsi del ghiaccio. Tutti questi rigagnoli si fondono poi in un sol ruscello che, dai grandi ghiacciai, esce fuori a valle del ghiacciajo da una magnifica volta azzurra di ghiaccio.

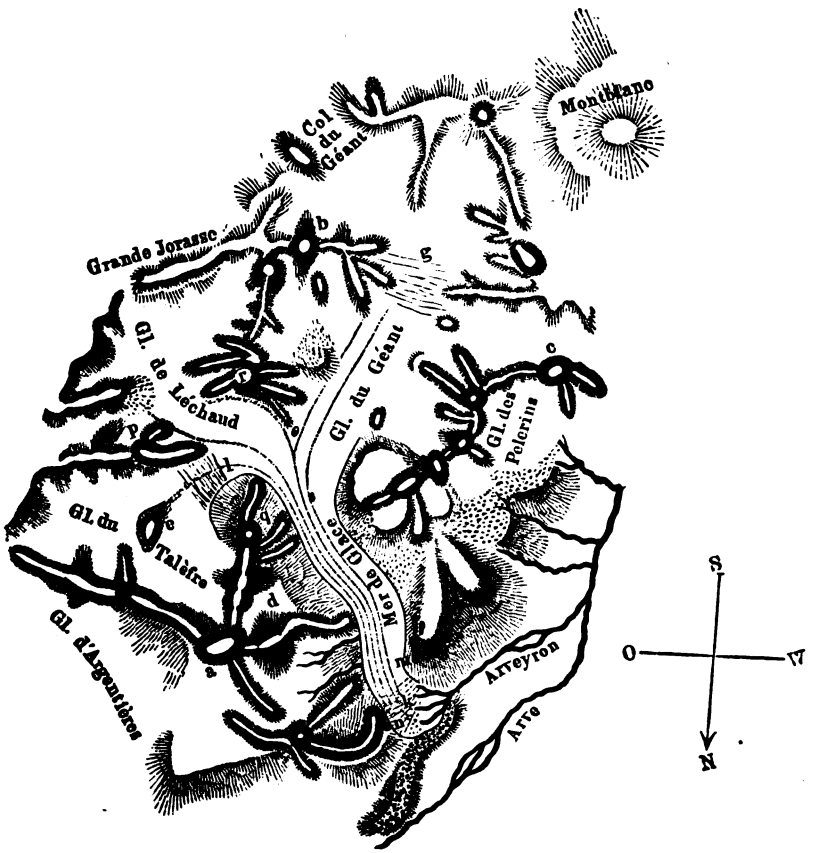
Alla superficie del ghiaccio, trovasi di solito una quantità di pietre e di rottami di roccia, che ai lati e verso l'estremità inferiore del ghiacciajo, si radunano in grandi masse; chiamansi morene laterali e morene frontali o terminali del ghiaccio; altri ammassi di pietre, le morene mediane o centrali, si stendono in strisce scure, prolungate, regolari, sulla superficie del ghiacciajo e nel senso della lunghezza di questo, e partendo sempre dal punto dove si incontrano e si congiungono due fiumi di ghiaccio. In questo caso, le morene centrali sono la continuazione delle morene laterali dei due rami di ghiacciajo.

Nella fig. a pag. 247 che rappresenta il ghiacciajo di Unteraar, vedesi assai bene la formazione delle morene centrali; sul fondo vedonsi venir fuori dalle loro valli rispettive, a destra il ghiacciajo di Schreckhorn, a sinistra quello di Finsteraarhorn; partendo dal punto di loro congiungimento vedesi che questo bastione di pietre, che occupa il centro della figura, discende come morena centrale. A sinistra scorgonsi dei massi di pietra sostenuti da pilastri di ghiaccio; sono questi le così dette tavole dei ghiacciai.

Perchè possiate giudicare meglio dell'insieme di questi fenomeni su teatro più vasto, vi metto sotto agli occhi una carta della Mer de Glace a Chamounix, fatta su quella di Forbes.

Digitized by Google

Si sa che la Mer de Glace, quanto a massa, è il maggior ghiacciajo dalla Svizzera, quantunque per rapporto a lun-



CARTA DELLA MER DE GLACE DI CHAMOUNIX.

ghezza sia inferiore al ghiacciajo d'Aletsch. È alimentato dai campi di neve delle montagne che stanno un po' al nord del monte Bianco, alcune delle quali, la grande Jo-

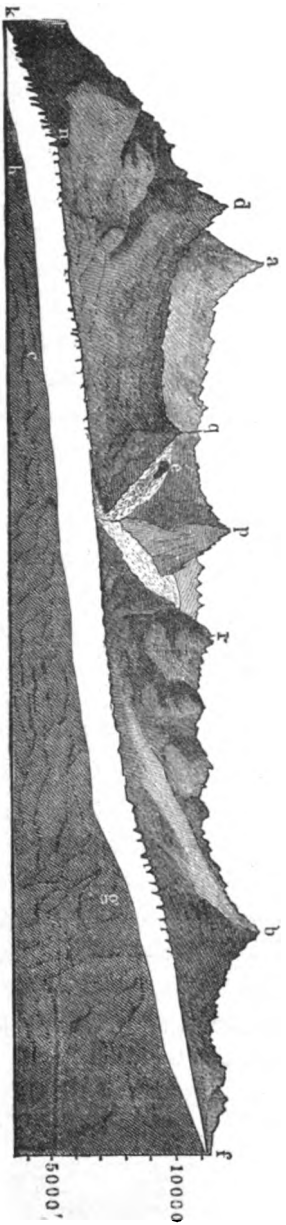
Digitized by Google

rasse, l'Aiguille Verte (*a*), l'Aiguille du Géant (*b*), du Midi (*c*) e du Dru (*d*), non sono inferiori che di 2000 a 3000 piedi a questo re delle montagne d' Europa. I campi di neve che si stendono sui fianchi di queste montagne e nelle valli sottoposte, si riuniscono in tre fiumi principali: il ghiacciajo del Géant, il ghiacciajo Léchaud e il ghiacciajo Talèfre che in fine poi si congiungono, come lo indica la carta, costituendo la Mer de Glace, fiume di ghiaccio di 2600 a 3000 piedi di larghezza e che discende nella valle di Chamounix; a valle del ghiacciajo, *k*, esce un gran ruscello, l'Arveyron che si getta nell'Arve. La parte inferiore della Mer de Glace, visibile dopo le valle di Chamounix e che forma una gigantesca cascata di ghiaccio, è designata ordinariamente sotto il nome di ghiacciajo des Bois, dal nome di un piccolo villaggio situato al di sotto.

La maggior parte di quelli che visitano Chamounix non vanno che alla parte inferiore della Mer de Glace partendo dall' albergo di Montanvers (*m*); se non temono la vertigine, attraversano qui il ghiacciajo e vanno fino alla capanna del Chapeau in faccia (*n*). Quantunque, come lo indica la carta, non si possa vedere e non si attraversi che una parte relativamente piccolissima del ghiacciajo, questo tratto di cammino, basta per far conoscere le scene grandiosi e le difficoltà di una escursione sui ghiacciai. Altri più audaci vanno fino al Jardin (*e*), roccia appena coperta di qualche traccia di vegetazione, che divide in due bracci il fiume di ghiaccio del ghiacciajo di Talèfre. Altri ancor più coraggiosi vanno fino al Col du Géant (11,000 piedi sul livello del mare), per discendere poi il versante d'Italia nella valle d'Aosta.

La superficie della Mer de Glace ci presenta quattro di

Digitized by Google



SEZIONE LONGITUDINALE DELLA MER DE GLACE DI CHAMOUNIX.

questi bastioni di pietre dette morene centrali. La prima all'est del ghiacciajo, nasce a valle del Jardin, dove si congiugono i due bracci del ghiacciajo del Talèfre; la seconda proviene dalla riunione di questo ghiacciajo col ghiacciajo Léchaud; la terza dalla riunione di questi diversi ghiacciai col ghiacciajo del Géant, e la quarta infine da un banco di rocce che discende dall'Aiguille du Géant verso la cascata (*g*) del ghiacciajo del Géant.

Per darvi un'idea dell'elevazione e dell'inclinazione del ghiacciajo, vi ho tracciata una sezione longitudinale secondo le livellazioni e le misure di Forbes, colla vista della riva destra del ghiacciajo. Le lettere indicano gli stessi oggetti segnati a pag. 249; *p* è l'Aiguille du Léchaud, *q* l'Aiguille Noire, *r* il monte, Tacul *f* il Col du Géant,

Digitized by Google

il punto più basso dell'alta muraglia di rocce le quali circondano il bordo superiore dei campi di neve che alimentano la Mer de Glace. La base del disegno corrisponde a 2 miglia tedesche; all'estremità destra, le altezze sul livello del mare sono indicate in piedi inglesi. La figura dimostra assai bene come sia poca l'inclinazione col ghiacciajo quasi da per tutto. La profondità non la si può valutare che approssimativamente, giacchè pur troppo non se ne hanno dati certi, solo si può dire che è considerabile, il che risulta da poche osservazioni accidentali che ora indicherò.

Il margine del ghiacciajo di Géant, all'estremità di una roccia tagliata a picco, forma, sul Tacul, una muraglia di ghiaccio che s'innalza verticalmente all'altezza di 140 piedi; questa altezza indica la profondità che deve avere sul margine uno dei bracci superiori del ghiacciajo; al centro e presso il punto di congiunzione dei ghiacciai, la profondità dev'essere assai maggiore. Un po' al di sotto del punto dove si riuniscono i tre ghiacciai, Tyndall e Hint scandagliarono la profondità di un mulino, che è una di quelle cavità per la quale discendono fino al fondo le acque della superficie dei ghiacciai, e ne ebbero 160 piedi di profondità; le guide assicurarono, in proposito, di aver scandagliato una volta un foro consimile fino a 350 piedi di profondità; non si arrivò però mai fin sul suolo del ghiacciajo. Se si considera d'altronde il suolo delle valli, di solito sparso di crepacci e di escavazioni, formato da rocce a picco, pare inverosimile che, per una larghezza di 3000 piedi, la profondità media non sia che di 350 piedi; il modo stesso col quale si muovono i ghiacciai, fa supporre che sotto la parte cosparsa di crepacci trovisi uno strato enorme e assai solido.

Digitized by Google

Perchè abbiate a capir meglio le grandezze relative della Mer de Glace, prendo un esempio che vi sarà più familiare: figuratevi la valle di Heidelberg piena di ghiaccio fino alla Molkenhur od anche più, in modo che la città tutta, le torri, il castello, siano seppelliti nel ghiaccio che si va innalzando a poco a poco dallo sbocco della valle fino a Neckargemünd: tutto questo corrisponderebbe a un di presso al fiume unico della parte inferiore della Mer de Glace.

Oppure supponete che, dove si congiungono il Reno e la Nahe presso Bingen, si riuniscano due fiumi di ghiaccio, riempiendo la valle del Reno fino al margine superiore, fin dove può giungere l'occhio; il fiume unico che ne risulta discenderebbe verso Asmannshausen e Burg-Rheinstein; questo fiume di ghiaccio avrebbe esso pure le dimensioni, press'a poco, della Mer de Glace.

La fig. a pag. 254 ci mostra l'immensa mole delle masse di ghiaccio formate dai grandi ghiacciai: rappresenta essa la parte inferiore del ghiacciajo gigantesco di Görner presso Zermatt.

La superficie di quasi tutti i ghiacciai è cosparsa, or più or meno, di sabbia e di una quantità di piccole pietre che si vanno ammassando a misura che il ghiaccio che le circonda e che le porta si va sciogliendo. Alla superficie, la fusione ha reso friabile il ghiaccio che non venne distrutto, ma in fondo ai crepacci si scorge il ghiaccio purissimo, più limpido assai e senza paragone del ghiaccio che vediamo nei nostri piani. Per effetto di questa purezza ci pare di un magnifico color azzurro, leggiermente più verdastro appena dell'azzurro del cielo. I crepacci pei quali si può scorgere il ghiaccio profondo, hanno dimensioni di ogni

Digitized by Google

grado; incominciano quali semplici fessure, nelle quali appena passa la lama di un coltello; si vanno allargando a poco a poco, e finiscono in fine a presentare voragini della

PARTE INFERIORE DEL GHIACCIAJO DI GÖRNER PRESSO ZERMATT.

lunghezza di centinaja, di migliaja di piedi, larghe da 20 a 100 piedi, e quasi sempre di profondità tale che l'occhio non arriva a vederne il fondo. Le pareti verticali, di un

Digitized by Google

bello azzurro carico, splendenti per l'acqua che filtra lungo la superficie del ghiaccio puro come cristallo, sono uno degli spettacoli più splendidi che ci presenti la natura, spettacolo che ancor più colpisce, quando vi si aggiunga l'idea del pericolo che sta in esso e cui non si possono cimentare gli esploratori che appena patiscano la vertigine. Bisogna sapersi tener franchi sul ghiaccio con scarpe ferrate e bastone a punta di ferro, sul ciglio di un precipizio a picco il cui fondo si perde in una tenebre di notte a ignota profondità. E attraversando un ghiacciajo non sempre si possono evitare i crepacci. Così sulla parte inferiore della Mer di Glace, per dove passano di solito i viaggiatori, si è obbligati di camminare su banchi di ghiaccio stretti, spesso assai inclinati, larghi qualche volta non più di 3 o 4 piedi, e l' azzurro precipizio a destra ed a manca. Più d'uno, abituato a camminare intrepido per sentieri difficili tagliati nella roccia, sentì venirsi meno sul ciglio di un precipizio di ghiaccio! e intanto non si può distoglierne l'occhio, obbligati a cercare, e con qual cautela, dove posare il piede. Pur queste voragini azzurre che ci si aprono sotto ai piedi non sono ancora il maggior pericolo sul ghiacciajo; ma siam così fatti che il pericolo noto, che si tocca direi quasi con mano, e che per questo appunto ci è possibile se non facile di evitare, ci paventa più di un altro che pur conosciamo, ma che ci resta celato da un velo; ed è così delle voragini dei ghiacciai. A valle dei ghiacciai stanno lì beanti sotto agli occhi e ci minacciano di morte; ce ne arretriamo spaventati, ci armiamo di prudenza onde evitarli, di rado assai vi succede un tristo caso; mentre tutta la superficie è coperta di neve, quando cade in copia, i densi strati fanno volta sui crepacci lar-

Digitized by Google

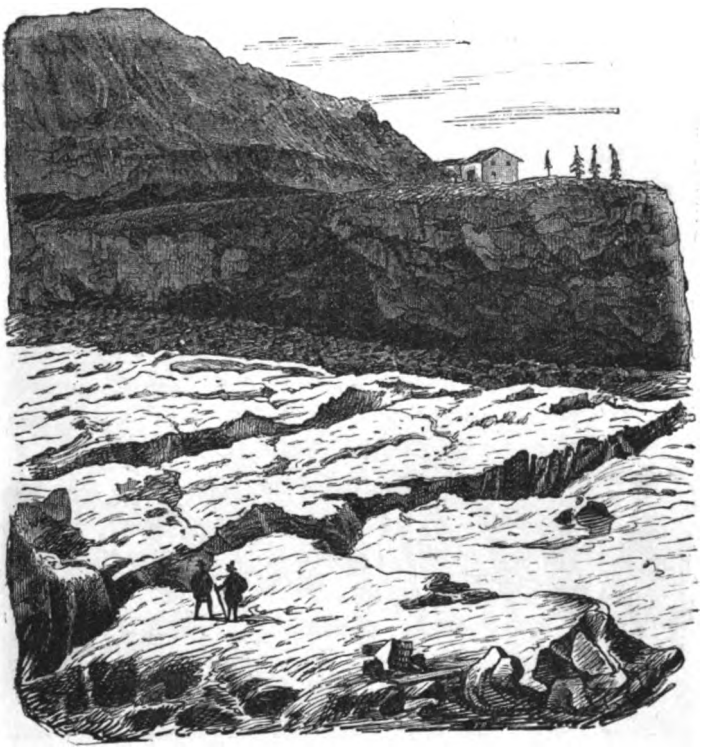
ghi da 4 a 8 piedi, li nascondono affatto, e l'esploratore non ha dinanzi che un piano tutto eguale di neve. Se sono molto densi questi ponti, sostengono anche un uomo, ma non son tali sempre, e colà si perdono uomini e camozzi. Si evitano questi pericoli, di solito, legandosi in due o tre con una stessa corda, in modo da potersi seguire vicendevolmente a 10 o 12 piedi di distanza; se l'uno cade in un crepaccio gli altri due possono sostenerlo e togliernelo fuori.

In alcuni punti, sopra tutto alla parte inferiore dei ghiacciai, si può discendere nei crepacci. Sui ghiacciai tanto frequentati di Grindelward, di Rosenlaui ed altri, si facilitò l'accesso dei viaggiatori tagliando degli scalini nel ghiaccio e ponendovi su delle tavole: se non si teme l'acqua che di continuo vi geme, si può discendere giù nei crepacci e ammirarne le pareti di cristallo di una trasparenza maravigliosa. Il bel colore azzurro di esse, è il color naturale dell'acqua purissima; l'acqua liquida, il ghiaccio sono di color azzurro ma lievissimo, in modo che il colore non si fa manifesto che negli strati di 10 piedi e più. L'acqua del lago di Ginevra e del lago di Garda ha lo stesso colore azzurro del ghiaccio.

La superficie del ghiaccio non è rotta da per tutto; quando il ghiaccio urta contro qualche ostacolo, oppure, in mezzo a due gran fiumi di ghiaccio che si avanzano paralellamente, la superficie di esso è tutta unita. Ecco (pag. 257) una delle parti più unite della Mer de Glace presso a Montanvers e la piccola casuccia sul fondo. Si può anche attraversare a cavallo il Griesgletscher, dove si riuniscono la valle superiore del Rodano e la valle della Tosa. I punti più lacerati della superficie dei ghiacciai trovansi

Digitized by Google

naturalmente dove il letto passa da un dolce declivio ad una inclinazione più rapida; là il ghiaccio si rompe in ogni senso formando dei massi isolati, ai quali lo scioglimento dà l'aspetto di piramidi e di picchi acuti a fi-



SUPERFICIE DELLA MER DE GLACE PRESSO MONTANVERT.

gure curiosissime, e che di quando in quando crollano nelle voragini vicine con tremendo fragore; da lungi, tali picchi rassomigliano a selvagge cascate solidificate dal freddo, onde appunto si chiamano cascate. Il ghiacciajo del

Digitized by Google

Talèfre (pag. 249) presenta una di queste cascate, segnata sulla carta *l*, il ghiacciajo del Géant ne ha un'altra *g*, una terza ne ha la Mer de Glace alla sua parte inferiore. Quest'ultima, della quale abbiam già parlato sotto il nome

GHIACCIAJO DEI BOIS AL BASSO DELLA MER DE GLACE.

di ghiacciajo dei Bois e che s'innalza dritta per un'altezza di 1700 piedi sul livello della valle di Chamounix, che è l'altezza del Kœnigstuhl presso Heidelberg, è sempre uno stupendo spettacolo pel viaggiatore di Chamounix. Ne abbiam figurati qui gli ammassi di ghiaccio lacerati.

Digitized by Google

Finora abbiamo paragonati i ghiacciai ai fiumi, fondandoci sull'aspetto loro esteriore, ma tale rassomiglianza non è solo nell'aspetto. Il ghiaccio del ghiacciajo si muove infatti come l'acqua di un fiume, quantunque meno rapidamente, e ve ne potete persuadere dietro quanto v' ho già detto sulla formazione dei ghiacciai. Siccome il ghiaccio a valle del ghiacciajo diminuisce di continuo dileguando, finirebbe di certo, se non seguissero nuove masse di continuo, pure rinnovate dalle nevicate sui campi di neve.

L'attenta osservazione ci permette di seguire coll'occhio il movimento dei ghiacciai. Innanzi tutto, gli abitanti della valle, che hanno sempre sotto agli occhi il ghiacciajo, che spesso lo attraversano, e che per trovare il cammino prendono ad indizii le grandi rocce che stanno alla superficie del ghiaccio, si accorgono di questo movimento, e trovano che i loro segnali si spostano ogni anno verso il basso della valle, in modo sensibile. Siccome la parte inferiore della Mer de Glace di Chamounix, per esempio, si sposta ogni anno di 400 a 500 piedi, è facile il capire che tale spostamento, non ostante la confusione caotica che c' è nei crepacci e nei massi, deve pur essere notata.

Oltre alle pietre, il ghiacciajo trascina gli oggetti che si trovano per accidente alla superficie di esso. Nel 1788 il celebre naturalista Saussure e suo figlio, accompagnati da una carovana di guide e di portatori, stettero sedici giorni sul colle del Géant (*g*, carta alla pag. 249), vi abbandonarono una scala di legno, e precisamente ai piedi dell'Aiguille Noire, dove nasce la quarta morena centrale della Mer de Glace; questa linea segna pure la direzione

Digitized by Google

nella quale il ghiaccio si allontana da questo punto. Nel 1832, quarantaquattro anni dopo, Forbes ed altri viaggiatori, trovarono dei frammenti di questa scala, un po' al di sotto del punto dove si uniscono i tre ghiacciai della Mer de Glace, sulla morena centrale della quale parlai già (s, carta alla pag. 249); onde si deduce, che questa parte di ghiacciajo aveva percorso 377 piedi all'anno. Nel 1827, Hugi si costrusse una capanna sulla morena centrale del ghiacciajo dell'Unteraar, per farvi a suo agio delle osservazioni; il punto occupato da questa capanna fu determinato da lui stesso e più tardi da Agassiz, e si trovò che ogni anno discendeva un po'. Quattordici anni dopo, nel 1841, era 4884 piedi in giù, onde aveva percorso, in media, 349 piedi di Parigi all'anno. Agassiz trovò più tardi un spostamento alquanto più debole, osservando le posizioni successive della capanna da lui pure costrutta sullo stesso ghiacciajo. Queste osservazioni, naturalmente, richiedono un lungo lasso di tempo; ma se invece si esamina il movimento dei ghiacciai cogli istrumenti di precisione, col teodolite per esempio, non è necessario aspettare degli anni per rilevare lo spostamento, e basta un giorno solo.

Molti, e specialmente Forbes e Tyndall, hanno ripetute tali osservazioni in questi ultimi anni; dalle misure ottenute risulta che la parte centrale della Mer de Glace si avanza, in estate, con una velocità di 20 pollici al giorno, velocità che alla cascata inferiore va fino a 35 pollici. Nell'inverno è a un di presso la metà. Sulle rive del ghiacciajo e negli strati profondi è minore che sulla linea centrale della superficie, come è dell'acqua di un fiume.

Gli affluenti superiori della Mer de Glace hanno un mo-

Digitized by Google

vimento meno rapido; è di 13 pollici al giorno pel ghiacciajo del Géant, di 9 pollici e mezzo per quello del Léchaud. In generale la velocità varia nei diversi ghiacciai, secondo l'ampiezza loro, l'inclinazione, la massa di neve che cade e secondo molte altre circostanze.

Questa massa enorme di ghiaccio si avanza così, insensibilmente e tacita, di un pollice circa all'ora. Il ghiaccio del colle del Géant impiega cento venti anni per arrivare alla parte inferiore della Mer de Glace; l'osservatore superficiale non si accorge di questo moto del ghiaccio, che pure procede con forza irresistibile, schiacciando come fuscello qualunque ostacolo si possa frapporre dalla mano dell'uomo, lasciando tracce del suo passaggio fin sul granito delle pareti della valle. Allorchè, dopo una serie di annate umide con nevicate copiose sulle alture, la parte inferiore del ghiacciajo si avanza, spinge innanzi a sè le case, rompe sul suo passaggio alberi vigorosi, sposta senza che ne apparisca violenza alcuna, i baluardi formati dalle rocce immense che ne costituiscono la morena terminale e che formano delle serie di colline considerevoli.

Qual grandioso spettacolo non è questo movimento dolce, silenzioso, irresistibile, potente!

Vi farò inoltre notare che il modo stesso col quale si muovono i ghiacciai, ci insegna dove e in qual senso devano formarsi i crepacci. Siccome non tutti gli strati del ghiacciajo si avanzano colla medesima velocità, alcuni punti del ghiaccio restano in addietro rispetto ad altri, quelli per esempio vicini alle rive, rispettivamente a quelli del centro. Ne segue, che la distanza da un dato punto presso alla riva, ad un altro centrale, che in origine erano alla stessa altezza, aumenta costantemente perchè que-

Digitized by Google

st'altro muovesi con maggior velocità; siccome il ghiaccio situato fra questi due punti non si può dilatare in proporzione dell'aumentare della distanza, si lacera e forma delle fessure; questo si può vedere sulle rive del ghiacciajo di Görner presso Zermatt. Mi dilungherei di troppo

GHIACCIAJO DI GÖRNER PRESSO ZERMATT.

s'io volessi spiegarvi la formazione di tutti i sistemi di crepacci regolari che si producono in determinati punti d'ogni ghiacciajo; mi basterà il dirvi che le spiegazioni tratte dalle considerazioni precedenti, s'accordano benissimo coi fatti che si osservano sui ghiacciai.

Ma c'è questo a notare, che bastano spostamenti ecces-

Digitized by Google

sivamente limitati per formare certe fessure nel ghiaccio. La sezione della Mer de Glace a pag. 251 (*g*, *c*, *h*), vi presenta alcuni luoghi dove l'inclinazione della superficie del ghiaccio varia in modo quasi insensibile da 2 a 4 gradi. Questo piccolo cambiamento d'inclinazione basta per produrre alla superficie del ghiacciajo un sistema di screpolature trasversali. Tyndall infatti stabilì con calcoli e misure, che la massa di ghiaccio dei ghiacciai non si dilata punto, ma che si rompe sempre sotto l'influenza della forza di trazione.

È facile altresì spiegare la distribuzione delle pietre sulla superficie del ghiacciajo, quando si consideri il movimento di esso. Queste pietre non sono che frammenti delle montagne fra le quali scorre il ghiacciajo. In conseguenza della decomposizione delle rocce o per effetto del congelarsi dell'acqua che sta nelle fessure delle rocce stesse, se ne staccano dei frammenti che rotolano sul ghiacciajo e principalmente sui margini di esso; questi rottami, o posano tosto sulla superficie o incominciano ad approfondarsi nella neve, ma finiscon poi sempre col ritornare alla superficie, in seguito al fondersi degli strati superficiali di neve o di ghiaccio; si avvicinano l'un l'altro sempre di più, massime quelli della parte inferiore del ghiacciajo, dove il ghiaccio che si frappone ad essi si scioglie più rapidamente. Questi massi di pietra che il ghiaccio trasporta con sè e depone a valle del ghiacciajo, sono spesso colossali; nelle morene terminali antiche e moderne, vedonsi rocce tanto grosse quanto una casa a due piani.

Tali macigni muovonsi secondo linee che restano a un di presso parallele fra di loro e nel senso della dire-

Digitized by Google

zione longitudinale del ghiacciajo. Quelli che stanno in mezzo al fiume di ghiaccio restano in mezzo, quelli che stanno sui margini essi pure vi restano; quest'ultimi sono i più numerosi, poichè, lungo il corso del ghiacciajo, nuovi frammenti posson cadere sui margini e mai sul centro del ghiacciajo. È in tal modo che si formano, sui margini del ghiaccio, le morene laterali, i massi delle quali sono in parte trascinati dal ghiaccio, in parte deposti sulle rive del ghiacciajo. Ma quando due ghiacciai si uniscono, le morene laterali di essi si urtano, formano in mezzo al fiume unico una morena centrale, e scorrono, mantenendosi parallele fra di esse e le rive del fiume, fino a che giungono al limite inferiore del ghiaccio che apparteneva in origine all'uno o all'altro ramo del ghiacciajo. Tali morene sono assai interessanti, perchè mostrano come le parti vicine di uno stesso ghiacciajo procedano a strisce regolari e parallele verso le parti inferiori. Così vedete e ve ne potete convincere, osservando la carta della Mer de Glace a pag. 249, e le quattro morene centrali di questo ghiacciajo.

Sul ghiacciajo del Géant e sul prolungamento di esso nella Mer de Glace, le pietre sparse alla superficie del ghiaccio, costituiscono una serie di strisce grigie e bianche alternate, specie di annelli annuali di ghiaccio, osservati da Forbes pel primo. Dalla cascata *g*, in estate discende una quantità maggiore di ghiaccio che non nell'inverno, onde la superficie del ghiacciajo al disotto della cascata offre l'aspetto di terrazza, come si vede nel nostro disegno; e poichè i lati di queste terrazze, volti al nord, si fondono più lenti, il ghiaccio che le forma è più puro. Sta qui, secondo Tyndall, l'origine probabile di queste

Digitized by Google

strisce terrose. In origine attraversano abbastanza regolarmente il ghiacciajo, ma siccome in seguito, il centro loro procede più rapidamente delle estremità, assumono poi una forma rigonfia; indicano all'osservatore, colla loro curva stessa, le diverse velocità che hanno le parti diverse del ghiaccio nel movimento progressivo del ghiacciajo.

Altre pietre avvolte negli strati profondi della massa di ghiaccio, si comportano in modo particolare; alcune caddero frammezzo a questi strati dai crepacci della superficie, altre furon divelte dal suolo della valle, le une e le altre sdrucciolano col ghiaccio sul letto della valle del ghiacciajo, contro del quale sfregano sotto l'immenso peso del ghiaccio che loro sta sopra. Le rocce racchiuse nel ghiaccio e le altre fisse sul suolo della valle, sono egualmente dure e si frantumano per effetto dello sfregamento delle une contro le altre, con tale forza, dinanzi alla quale scomparisce ogni altra di che l'uomo può disporre. Da tale sfregamento risulta una polvere finissima, trascinata dall'acqua e che trovasi nel ruscello del ghiacciajo, cui dà un color biancastro o gialliccio. Le rocce del suolo della valle sulle quali il ghiacciajo esercita di continuo l'azione sua di sfregamento, restano levigate come uscissero da un levigatojo gigantesco, prendono una forma arrotondata, e qua e là offrono dei solchi, delle scalfitture a striscia, incisevi da pietre più dure; tali le vediamo all'estremità del ghiacciajo allorchè, dopo una serie d'anni caldi e secchi, il ghiaccio si ritira alquanto. Ne troviamo in numero assai maggiore nelle parti inferiori di molte valli delle Alpi, dove si riscontrano tracce di antichi e giganteschi ghiacciai, e principalmente nella valle dell'Aar

Digitized by Google

fin verso Meyringen, dove s'incontran pure quei quadrati di pietra levigata tanto celebri, sui quali è tracciata una strada, e talmente sdrucciolevoli, che si dovette lavorarle in modo che uomini e cavalli non vi corressero pericolo.

Vicino a queste rocce levigate trovansi ancora antiche morene e massi di pietra trascinati, che ci permettono di giudicare l'immensa estensione degli antichi ghiacciai. I macigni trasportati dai ghiacciai si distinguono da quelli smossi dall'acqua, per l'immensa loro mole, conservano intatti tutti gli spigoli, non sono lavorati dal rotolamento, e sopratutto perchè il ghiacciajo li ha deposti l'uno dopo l'altro, seguendo l'ordine preciso col quale si succedono sulla montagna le diverse rocce dalle quali provengono, mentre le correnti d'acqua frammischiano le pietre tutte che trasportano.

Basati su questi caratteri, poterono i geologi dimostrare che i ghiacciai di Chamounix, del Monte Rosa, del San Gotardo, delle Alpi bernesi, si avanzavano per la valle dell'Arve, del Rodano, dell'Aar e del Reno fin sulla pianura Svizzera e fino al Jura, ove deposero i giganteschi macigni ad un' altezza di oltre 1000 piedi sul livello attuale del lago di Neuchâtel. Trovansi pure tracce simili di ghiacciai antichi, sulle montagne delle Isole Britanniche e della penisola di Scandinavia.

Anche i ghiacciai galleggianti dei mari del Nord, sono ghiaccio di ghiacciajo spinto nel mare dai ghiacciai del Groënland, dove giunto, si stacca dalla massa totale del ghiacciajo e vien portato via in balìa delle onde. Nella Svizzera troviamo una formazione analoga di ghiaccio galleggiante, ma in piccola scala, sul laghetto di Maerjelen, ghiaccio che proviene dal gran ghiacciajo di Aletsch. Ma-

Digitized by Google

cigni racchiusi nel ghiaccio galleggiante, possono correre in tal modo grandi distanze per mare. È probabile che la quantità enorme di macigni di granito che trovansi nella pianura del nord della Germania, granito che appartiene alle montagne scandinave, siano stati trasportati dal ghiaccio, nel periodo stesso nel quale i ghiacciai delle montagne d'Europa occupavano estensioni tanto vaste.

Ora pur troppo non posso aggiunger nulla intorno alla storia antica dei ghiacciai, ma devo ritornare ai fenomeni che si osservano nei ghiacciai dei giorni nostri.

Dai fatti che vi ho esposti risulta, che il ghiaccio di un ghiacciajo cola lentamente a guisa di fiume di sostanza viscosa, come sarebbe il miele, il bitume, il fango. La massa di ghiaccio non si muove semplicemente sul suolo come un corpo solido che discende per una china, ma si ripiega, alcune parti di esso sdrucciolano sulle altre, e, quantunque la massa proceda intanto strisciando sul suolo della valle, le parti che toccano il suolo o le pareti della valle, rallentano sensibilmente a motivo di questo immenso sfregamento. La parte media della superficie del ghiacciajo, ossia la più lontana dal suolo e dalle rive, muovesi invece più veloce.

Un prete savojardo, l'abbate Rendu, e il celebre naturalista scozzese Forbes, sono stati i primi a trovar fuori questa analogia del ghiacciajo con un fiume di liquido viscoso. Or mi domanderete, m'immagino, come mai il ghiaccio, che fra le sostanze note è la meno flessibile e la più fragile, possa scorrere in un ghiacciajo come una sostanza viscosa? e sarete inclinati a giudicare tale ipotesi come la meno naturale, la più paradossale che sia mai stata creata dalla fantasia dei naturalisti; ed io vi rispondo subito che gli

Digitized by Google

stessi naturalisti hanno dovuto restar stupefatti dinanzi ai risultati delle ricerche loro. Ma i fatti stanno, e stanno innegabili. Come mai si potesse muovere il ghiaccio, restò enigma per molto tempo, e tanto più impenetrabile quanto più si notava la fragilità del ghiaccio nei ghiacciai stessi, dove forma i crepacci. Qui sta, come notò Tyndall ben a ragione, una differenza essenziale tra i fiumi di ghiaccio e i fiumi di lava, di bitume, di miele o di fanghiglia.

Come spesso succede nelle scienze naturali, si trovò la soluzione di questo problema curioso, ricercando in argomenti che in apparenze erano affatto estranei al problema. Tali ricerche, instituite per studiare la natura del calore e che hanno dato risultati che appartengono alle più importanti conquiste della fisica moderna, son designate di solito col nome di teoria meccanica del calore. Fra una quantità di nozioni sui mutui rapporti delle forze della natura, i principii della teoria meccanica del calore guidarono a certe conclusioni, rispetto al nesso che esiste fra il punto di congelamento dell'acqua e la pressione cui sono sottoposte l'acqua e il ghiaccio.

Vi è noto che il punto di congelamento o zero della nostra scala termometrica, si determina coll'immergere il termometro in una miscela d'acqua e di ghiaccio. L'acqua, quand'è a contatto col ghiaccio, non può raffreddarsi sotto zero senza trasformarsi pur essa in ghiaccio; il ghiaccio non può riscaldarsi al di sopra di zero senza fondersi, onde acqua e ghiaccio non possono stare l'una a contatto coll'altro che alla temperatura di 0°.

Scaldando questa miscela col calore di una fiamma, il ghiaccio si scioglie, ma la temperatura della miscela non può oltrapassare 0° finchè resta una parte di ghiaccio

Digitized by Google

non fusa. Così il calore fornito alla miscela trasforma del ghiaccio a 0° in acqua a 0°, senza che si possa verificare col termometro il più piccolo aumento di temperatura. Dicono allora i fisici che il calore assorbito è diventato *latente*, e che l'acqua a 0° contiene una certa quantità di calore latente più che il ghiaccio alla stessa temperatura.

Se a questa miscela si sottrae del calore, l'acqua gela a poco a poco, ma finchè resta una parte d'acqua liquida la temperatura non discende al di sotto di 0°. In questo caso l'acqua a 0° abbandona il calor latente e diventa ghiaccio a 0°.

Un ghiacciajo è una massa di ghiaccio girata in ogni senso da rigagnoli; tutto l'interno adunque di questa massa trovasi a 0°. Nelle parti più alte delle nostre Alpi pare che gli strati inferiori del nevischio dei campi di neve abbiano questa stessa temperatura. La neve, quando cade, ha quasi sempre una temperatura inferiore a 0°, ma i primi raggi di sole che la colpiscono fanno sciogliere gli strati superficiali; l'acqua che ne deriva filtra negli strati più profondi e più freddi ove continua a trasformarsi in ghiaccio, finchè tutti gli strati hanno una temperatura uniforme di 0°, e da questo punto la temperatura resta invariabile. I raggi del sole, infatti, possono sciogliere il ghiaccio della superficie, ma non ne innalzano mai la temperatura al di sopra di 0°. Il freddo invernale non penetra più in là di questi strati di neve e di ghiaccio, che sono pessimi conduttori, come non penetra gran che nelle nostre cantine. Gli strati inferiori, adunque, dei campi di neve, come quelli dei ghiacciai, restano sempre alla temperatura di 0°.

Una forte pressione però, può modificare la temperatura

Digitized by Google

del punto di congelamento dell'acqua. James Thomson, di Belfast, pel primo, e poco dopo Clausius di Zurigo, vennero a tale conclusione partendo dalla teoria meccanica del calore, la quale fornisce altresì il mezzo di determinare fin da prima, la quantità di variazione prodotta dalla pressione. Per la pressione di una atmosfera il punto di fusione discende di 1/144 di grado Réaumur. Il fratello di James Thomson, sir W. Thomson, il celebre fisico di Glascow, confermò coll'esperimento le conseguenze tratte dalla teoria, comprimendo una miscela d'acqua e di ghiaccio in un recipiente abbastanza solido; il freddo aumentava sempre più coll'aumentare della pressione e in proporzioni conformi alle deduzioni teoriche.

Allorchè una miscela d'acqua e di ghiaccio si raffredda sotto l'influenza della pressione, si suppone che si svincoli del calore latente, ossia che una parte di ghiaccio si fonda onde trasformarsi in acqua. È questa altresì la ragione per la quale la pressione influisce sulla temperatura della fusione del ghiaccio. Vi è noto che il ghiaccio occupa uno spazio maggiore dell'acqua stessa d'onde proviene. Allorchè l'acqua contenuta in un vaso chiuso ermeticamente, gela, rompe non solo delle pareti robuste di vetro, ma spezza anche le bombe di ferro. Così pel fatto stesso del fondersi di una parte di ghiaccio della miscela sotto la compressione, il volume della massa diminuisce, e questa può cedere di più alla pressione che subisce, più che non farebbe senza questa modificazione della temperatura di fusione. In questo caso la pressione meccanica facilita la fusione, ossia il prodursi di un cambiamento favorevole allo sviluppo della sua stessa azione; accade press'a poco lo stesso in quasi tutte le azioni reciproche delle forze di natura.

Digitized by Google

Nell'esperimento di W. Thomson si erano messi acqua e ghiaccio in un vaso ermeticamente chiuso. Il caso è alquanto diverso allorchè l'acqua che trovasi fra i pezzi di ghiaccio compressi può sfuggire dalle fessure, come succede nei ghiacciai; il ghiaccio resta compresso, ma non l'acqua che sfugge; allora il ghiaccio compresso si raffredda di una quantità corrispondente all'abbassarsi del suo punto di congelamento per la pressione, ma il punto di congelamento dell'acqua non compressa non varia. Abbiamo dunque in tali circostanze del ghiaccio sotto a 0°; ne risulta, che tutto intorno al ghiaccio compresso una parte di acqua gela, mentre intanto una parte di ghiaccio compresso continua a sciogliersi.

È appunto quel che succede quando si premono l'uno contro l'altro due pezzi di ghiaccio. L'acqua gela sulle superficie che si trovano a contatto, i due pezzi di ghiaccio si saldano assieme e costituiscono una sola massa. Quando la pressione è forte, il ghiaccio si raffredda di molto, e i due pezzi si saldano assai rapidamente; ma si può anche riuscire con una pressione debole, purchè questa sia protratta. Faraday, che scoperse questo fenomeno, lo chiamò *rigelo* del ghiaccio; si è discusso molto per spiegare questo fenomeno, io ve l'ho spiegato nel modo che a me pare più soddisfacente.

L'unione dei due pezzi di ghiaccio riesce assai facile, servendosi di due frammenti di forme convenienti e di temperatura non al di sotto di 0°; riesce ancor meglio se i due pezzi hanno già incominciato a fondersi [1], e basta

[1] Il professore si serviva di una serie di piccoli cilindri di ghiaccio, ottenuti mediante un processo che indicherò più innanzi; se ne comprimevano le superficie piane l'una contro l'altra, e si otteneva così un bastone cilindrico di ghiaccio.

Digitized by Google

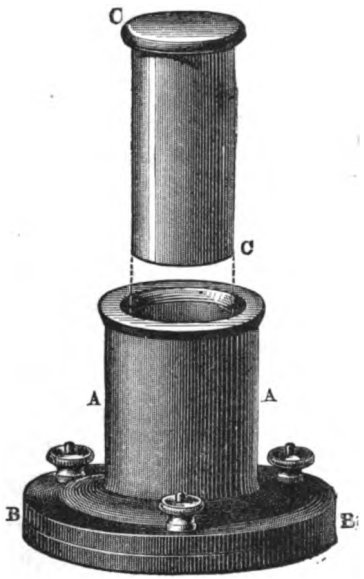
allora il comprimerli l'uno contro l'altro per pochi istanti. Più combaciano le superficie, meglio si saldano assieme col rigelo: può bastare anche una debole pressione, purchè il contatto sia lungo.

È appunto questa proprietà del ghiaccio quella che fornisce ai fanciulli il divertimento loro favorito della valanga o dell'uomo di neve; è necessario per ciò che la neve abbia già incominciato a fondersi o che la temperatura ne sia di poco assai inferiore a 0°, tanto che la temperatura della mano sia sufficiente a portarla alla temperatura di fusione. La neve freddissima è polvere secca che non si cementa affatto.

Quel che fanno in piccolo i fanciulli giuocando, succede su immensa scala nei ghiacciai. Gli strati inferiori del nevischio, polvere finissima in origine, vengono compressi dalle masse di neve che loro si sovrappongono quali montagne dell'altezza di parecchie centinaja di piedi, e sotto si enorme pressione la massa si va sempre più addensando La neve appena caduta è costituita da finissimi aghi microscopici di ghiaccio disposti a stellette esagone. Tosto che gli strati superiori dei campi di neve sentono i raggi del sole, si fondono in parte, l'acqua che ne risulta s'infiltra nella neve e va a congelarsi negli strati più profondi al contatto della neve più fredda, cui fa assumere un aspetto granuloso e porta ancora alla temperatura di 0°. Ma perchè il peso delle masse di neve sovrapposte va sempre aumentando, questa neve granulosa si salda è si presenta al fine qual massa durissima e assai densa. Impiegando una pressione conveniente possiamo riprodurre ad arte questa trasformazione della neve in ghiaccio.

Ecco qui un vaso cilindrico di ghisa *AA*; la lastra

Digitized by Google



FORMA DI GHISA PER COMPRIMERE NEVE E GHIACCIO.

del fondo *BB* è fissata con tre viti e la si può distaccare quando si voglia toglier fuori il cilindro di ghiaccio formatosi all'interno. Immerso per alcuni istanti questo vaso nel ghiaccio che si fonde, onde ridurlo a 0°, lo si riempie di neve, poi mediante un torchio idraulico vi si introduce il pistone *CC* che riempie la capacità interna, ma entrandovi per altro facilmente. Il torchio idraulico di che faccio uso mi permette di spingere fino a 50 atmosfere la pressione cui sottopongo il ghiaccio. La neve sotto a questa pressione, non occupa naturalmente che uno spazio ridotto di assai; allora si cessa la pressione, si toglie fuori il pistone e si riempie ancora il cilindro di neve, e così via finchè si è riempita la cavità intera del vaso *AA* d'una massa di ghiaccio che non cede più sotto l'azione del torchio. Allora togliendo fuori la neve compressa, vedrete che si è trasformata in un cilindro di ghiaccio duro, a spigoli netti e di aspetto torbido; lanciatelo a terra, e lo scoppio che fa il ghiaccio nell'infrangersi vi dà un' idea della durezza di esso.

Alla stessa guisa che la neve dei campi di neve si com-

Digitized by Google

prime nei ghiacciai per costituire il ghiaccio, così dei pezzi di ghiaccio già formato, ma irregolari, si riuniscono in uno strato di ghiaccio trasparente e unito. Tale fenomeno si osserva benissimo ai piedi delle cascate dei ghiacciai. Vi sono delle cascate, alla parte superiore delle quali il ghiacciajo finisce sul ciglio d'una roccia a picco, di dove precipita, a guisa di valanghe, massi enormi di ghiaccio; i frantumi di questi s'ammassano ai piedi della roccia e tornano ad unirsi in un corpo solo che prosegue il cammino allo stato di ghiacciajo. S'incontrano spesso dei siti dove il fiume di ghiaccio non si rompe del tutto, ma dove il suolo della valle s'inclina d'un tratto, come per esempio, la cascata del ghiacciajo del Géant, il punto *g* della Mer de Glace (carta a pag. 249); i punti *i* ed *h* della grande cascata terminale del ghiacciajo dei Bois; colà il ghiaccio si infrange in migliaja di massi e di banchi, che poi tornano ad unirsi in grandi masse continue, alla parte inferiore della china.

Anche in questo possiamo imitare la natura valendoci del nostro cilindro di ghisa. Invece di introdurvi della neve vi si mettono dei pezzetti irregolari di ghiaccio, vi si applica la compressione, si aggiungono altri pezzi di ghiaccio e così via finchè il cilindro è pieno. Togliendo fuori poi la massa compressa, la si trova costituita da un cilindro unico di ghiaccio limpido, cogli spigoli netti, e tale che riempiva esattamente la forma interna del cilindro.

Questo esperimento, ideato da Tyndall, dimostra che colla pressione si può dare a un pezzo di ghiaccio quella forma qualunque che si vuole, come se fosse un pezzo di cera. Si potrebbe supporre che il pezzo incominci col ridursi in polvere finissima sotto l'azione della pressione,

Digitized by Google

in modo da riempiere allora ogni angolo della cavità del cilindro, e che questa polvere, analoga alla neve, congelandosi, si riunisca di nuovo in una sol massa compatta; e lo si potrebbe tanto più ragionevolmente supporre, poichè, durante la compressione, si sente che il ghiaccio continua a scricchiolare nell' interno del cilindro. Ma il solo aspetto del cilindro prodotto dalla compressione dei pezzi di ghiaccio, ci dimostra che non è stato costituito per tal via; è molto più trasparente di quelli formati colla neve, e vi si riscontrano ancora i pezzetti isolati che si impiegarono, quantunque modificati di forma col diventare piatti. Questo esperimento è ancor più bello, quando si incomincia coll'introdur nella forma dei pezzi di ghiaccio, e si finisce poi di riempirla con della neve. Allora il cilindro di ghiaccio resta costituito da strati alternativamente limpidi e opachi, i primi spettano al ghiaccio, gli altri alla neve; in questo caso si possono distinguere ancora i pezzi di ghiaccio trasparenti compressi a piastre.

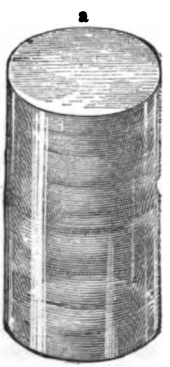
Questo c'insegna che, onde il ghiaccio prenda, sotto l'azione della pressione, la forma di un cilindro, non è necessario che venga prima ridotto in polvere, ma che è suscettibile di cedere senza che cessi l'aderenza delle parti che lo costituiscono. Possiamo convincercene meglio e formarci un'idea più esatta del motivo pel quale il ghiaccio obbedisce alla pressione, comprimendolo fra due piastre di legno, invece che in una forma chiusa dove non si può vedere.

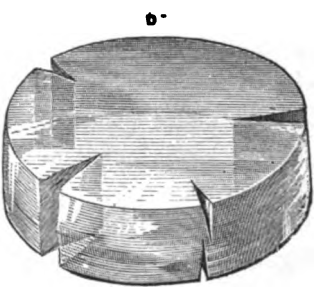
Fra le due tavole del torchio si mette un pezzo di ghiaccio press'a poco di forma cilindrica, tolto dalla superficie di un fiume gelato e in modo che presenti due facce piane, poi si mette in azione il torchio; sotto la pressione il pezzo

Digitized by Google

di ghiaccio si rompe, e ciascuna delle screpolature che vi si producono, attraversa da parte a parte tutta la massa che si suddivide in tanti grossi pezzi i quali pure si screpolano. Interrotta la pressione, i pezzi tutti si sono congelati assieme di nuovo e costituiscono una piastra irregolare di ghiaccio, l' insieme della quale dimostra che il ghiaccio ha cambiato forma, piuttosto perchè s'è rotto che non perchè dovette cedere alla pressione; tutti i pezzi d'altronde hanno affatto cambiata la posizione relativa.

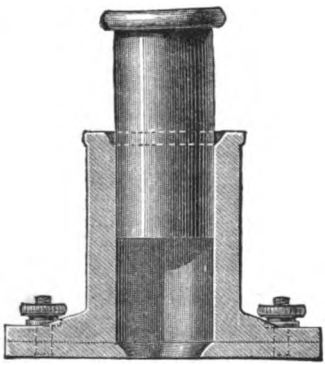
Succede tutt' altro se si pone fra le tavole del torchio uno dei cilindri che abbiamo ottenuti comprimendo ghiaccio o neve. Aumentando la pressione s' ode di nuovo lo scricchiolio, ma il cilindro non si rompe, cambia di forma a poco a poco e si abbassa mano mano si espande; più tardi, quando ha già subita una forma cilindrica, incomincia a rompersi sui margini, e in piccolo riproduce i crepacci dei ghiacciai. La figura *a* indica l'altezza ed il diametro di un tale cilindro allo stato iniziale, la figura *b* quando lo si toglie dal torchio.



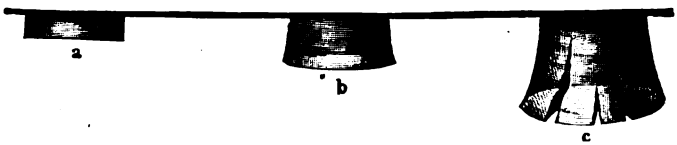


Prova ancor più convincente della facilità colla quale

Digitized by Google



si lavora questo ghiaccio l' avremo, sforzando il cilindro compresso nella forma, a passare da un' apertura stretta. Sostituisco adunque al pezzo del fondo un altro pezzo, forato da un'apertura conica del diametro equivalente ai $^2/_5$ del diametro della forma. Ecco qui una sezione trasversale dell'apparecchio intero. Ora se introduco in questa forma uno dei cilindri compressi ottenuti colle esperienze antecedenti, forzato lo stantuffo, obbligo il ghiaccio ad uscire dall'apertura inferiore, e vien fuori dapprima colla forma di un cilindro solido collo stesso diametro dell'orifizio, poi, siccome il ghiaccio esce più rapidamente al mezzo che sui lati, l'estremità libera del cilindro s'incurva, tanto che lo si può far rientrare pel foro d'uscita. *a*, *b*, *c*, rappresentano le diverse forme che si succedono.



In questo caso, le fessure che si fanno nel cilindro di ghiaccio allorchè vien fuori dal foro, rassomigliano assai alle screpolature longitudinali che dividono la corrente di un ghiacciajo, là dove il ghiacciajo s' impegna in una

Digitized by Google

valle più larga, passando per uno stretto burrone di rocce. [1]

Le esperienze che ora vi ho dimostrate, ci han fatto vedere il ghiaccio cambiar di volume sotto ai vostri occhi, pur conservando la sua continuità senza infrangersi; anzi il masso rigido di ghiaccio pare si appiani come molle cera.

Esaminando più attentamente il cilindro trasparente prodotto dalla compressione dei pezzi di ghiaccio trasparente, quando incomincia a funzionare la pressione, possiamo renderci conto di quanto avviene nell'interno del cilindro che si forma. Vi vediamo infatti una quantità immensa di screpolature intorbidarlo a guisa di nube; la più gran parte di queste si dissipano poco dopo, sospendendo l'azione della pressione, ma qualcuna ne resta. Un tal pezzo di ghiaccio, all'uscire dal torchio, è molto più torbido di quanto era prima di introdurvelo. Coll'ajuto di una lente, si trova che questo dipende di una quantità di linee capillari biancastri che attraversano in ogni senso l'interno della massa di ghiaccio, del resto trasparente; queste linee non sono che la traduzione ottica delle finissime fessure che solcano la massa di ghiaccio; probabilmente esse son vuote di aria, poichè si producono anche comprimendo nella stessa forma dei pezzi di ghiaccio trasparenti circondati d'acqua, quindi affatto riparati dall'accesso di aria. Tyndall dimostrò già che si trovano screpolature senz'aria nel ghiaccio di ghiacciajo. Allorchè il ghiaccio così compresso si fonde

[1] Durante queste esperienze, la temperatura bassa del ghiaccio compresso propagavasi attraverso la forma, in modo che trasformò in sottile strato solido l'acqua che si trovava fra la piastra di fondo ed il cilindro; si aveva però avuto cura di lasciare il cilindro di ferro ed i pezzi di ghiaccio immersi nel ghiaccio fondente.

Digitized by Google

lentamente, queste screpolature si riempiono del tutto d'acqua senza lasciar bolle d'aria, onde sono assai visibili e tutto il pezzo riesce più trasparente, il che prova che non possono contenere acqua intanto che si formano.

Da quanto abbiamo detto possiamo concludere che il masso di ghiaccio compresso, screpolato di una quantità di piccole fessure, cede all'influenza della pressione, poichè le particelle di esso si spostano e si sottraggono così alla pressione stessa. Allorchè questa cessa di agire, la maggior parte di questi sistemi di screpolature si dissipa per effetto della congelazione; ma dove lo spostamento delle particelle di ghiaccio è tale che le superficie di queste particelle non si corrispondono più esattamente, restano alcune tracce di queste screpolature, che si tradiscono poi alla vista per riflesso della luce che vi penetra e che dà loro l'aspetto di linee e di superficie biancastre.

Tali screpolature e tali superficie di separazione del ghiaccio compresso, si fanno ancor più appariscenti allorchè il ghiaccio, disceso sotto a 0° durante la compressione, come vi ho spiegato più addietro, si riscalda di nuovo fino a questo grado e incomincia a fondersi lentamente. Allora le screpolature si riempiono d'acqua, e il pezzo di ghiaccio riesce costituito da una infinità di piccoli grani di ghiaccio, la grossezza dei quali varia da quella di una testa di spillo a quella di un pisello; questi grani stanno intimamente collegati per gli spigoli loro e per gli angoli, e spesso si mantengono ancora così, anche quando le screpotature sottilissime che le separano sono già riempite d'acqua. Se da uno di questi massi, composti di grani di ghiaccio, si stacca coll'unghia un pezzetto di spigolo, vi si riconoscono dei grani poliedri. Il ghiaccio dei ghiacciai presenta del

Digitized by Google

resto la stessa precisa composizione, con questa differenza, che i pezzetti di cui è formato sono più grandi di quelli del ghiaccio compresso artificialmente, e sono grossi quanto un uovo di piccione.

Il ghiaccio dei ghiacciai e quello compresso, ci si presentano dunque quale sostanza di struttura granulosa, per rapporto al ghiaccio cristallizzato regolarmente che formasi alla superficie di acque tranquille [1]. Fra queste due sorta di ghiaccio troviamo la stessa differenza che fra lo spato calcare ed il marmo, ambidue costituiti da carbonato di calce; il primo è allo stato di grandi cristalli regolari, il marmo invece è formato da un assieme irregolare di grani cristallini; tanto nello spato calcare come nel ghiaccio cristallizzato, le screpolature che vi si posson fare con un coltello si propagano per entro la massa, mentre la fessura prodotta nell'uno dei grani del ghiaccio granuloso, non si estende necessariamente al di là del grano medesimo.

Il ghiaccio formato artificialmente colla compressione della neve, e quindi primitivamente composto da una gran quantità di piccoli aghi cristallini, riesce assai plastico; pure si distingue tosto, all'aspetto, dal ghiaccio dei ghiacciai, perchè assai torbido a motivo della quantità d'aria contenuta nella massa a fiocchi della neve, aria che vi resta imprigionata sotto forma di bolle. Questo fatto riesce ancor più evidente, comprimendo questa massa tra due piastre di legno; dalla superficie del cilindro vedonsi allora sfuggire le bolle d'aria a guisa di schiuma. Si può

[1] Vedi la lezione di Bertin sulla: *Constitution de la glace* nel N. 21 della *Revue des cours scientifiques*, 3.° anno, 1866.

Digitized by Google

infrangere la piastra di neve così ottenuta, metterla nella forma e comprimerla di nuovo in un cilindro, e continuando così si arriva ad eliminare sempre più l'aria e rendere il ghiaccio sempre più chiaro. È certo che per la stessa via, la massa biancastra di nevischio si trasforma a poco a poco in ghiaccio trasparente di ghiacciajo.

Se infine si comprimono i cilindri ottenuti colla compressione di strati alternati di neve e di ghiaccio, per formarne delle piastre, si hanno delle strisce sottili, formatesi dagli strati trasparenti e da quelli biancastri che si distendono assai regolarmente.

In molti ghiacciai trovasi del ghiaccio che presenta tal sorta di strisce; Tyndall crede che dipendono da neve caduta fra i massi delle cascate di ghiaccio; questa mescolanza di neve e di ghiaccio trasparente, vien compressa nel corso ulteriore del ghiacciajo e stirata in strisce in conseguenza del movimento del ghiacciajo; è adunque un fenomeno affatto analogo a quello che noi siam riesciti a produrre artificialmente.

Ecco il ghiacciajo co' suoi massi di ghiaccio ammonticchiati, colle superficie sue desolate, cosparse di pietre e di fango, coi beanti crepacci che minacciano di inghiottirci, eccolo trasformato sotto agli occhi dell' osservatore in fiume maestoso, più calmo e più regolare d'ogni altro fiume; obbediente a leggi determinate, si restringe, si allarga, s'innalza o si sprofonda fragoroso nei precipizii. Se lo seguitiamo al di là de' suoi limiti, vediamo l'acqua prodotta dal fondersi del ghiaccio, raccolta in ruscello importante, uscire dalla porta di ghiaccio del ghiacciajo e scorrer lontano; appena uscite dal di sotto dei ghiacci, le acque sono fangose perchè trasportan con loro il terriccio

Digitized by Google

proveniente dalla pulitura delle rocce operata dal ghiacciajo, e si resta meravigliati di vedere tutto questo bel ghiaccio azzurro, sì trasparente, trasformato in acqua fangosa; l'acqua dei ruscelli dei ghiacciai è per sè medesima altrettanto limpida quanto il ghiaccio, quantunque a prima vista tale trasparenza ci sia nascosta; bisogna ritrovare queste acque al di là del lago che attraversano e nel quale depositano le fangosità che le intorbidano. I laghi di Ginevra, di Thun, dei Quattro Cantoni, di Costanza, il Maggiore, quelli di Como e di Garda sono principalmente alimentati da acqua di ghiacciai; la limpidezza e l'ammirabile color azzurro verdastro di quei laghi, fanno l'incanto del viaggiatore.

Ma ora lasciamo il bello e torniamo all'utile, troveremo altre ragioni per ammirarlo. Da per tutto ove si deposita questo terriccio delle rocce trascinato dai ghiacciai, dà un suolo fertilissimo; si presenta qual polvere finissima e costituisce un terreno vergine assai ricco di principii minerali assimilabili dalle piante. Gli strati d'argilla finissima che coprono tutta la valle del Reno sino al Belgio, non sono che polvere di roccia proveniente da antichi ghiacciai.

In un paese dove sono campi, nevi e ghiacciai, la distribuzione dell'umidità presenta dei caratteri particolari; prima di tutto è più abbondante, perchè l'aria umida che passa sul ghiacciajo vi deposita in neve l'acqua di che è carica, in secondo luogo la neve fondesi più rapidamente in estate, di modo che le sorgenti alimentate dai campi di neve colano con maggior abbondanza, precisamente nella stagione nella quale si fa sentire di più il bisogno d'acqua.

Impariamo per tal modo a conoscere sott'altro aspetto

Digitized by Google

questi deserti di ghiaccio. Dai ghiacciai provengono gli innumerevoli rigagnoli e le sorgenti e i ruscelli, che colla loro umidità permettono ai laboriosi alpigiani di strappare dai fianchi selvaggi della montagna erba ed alimenti in copia. Sono i ghiacciai, che generano sulla superficie, relativamente piccola della catena delle Alpi, i maggiori fiumi, il Reno, il Rodano, il Po, l'Etsch, il Thun, i quali attraversano l'Europa, solcando per centinaja di leghe larghe valli ubertose, per gettarsi poi nel mare del Nord, nel Mediterraneo, nell'Adriatico e nel mar Nero. Vi ricordate in qual modo Goethe descrisse nel Canto di Maometto, il corso del ruscello uscito da una roccia, dall'origine di esso nelle nubi fino al suo congiungimento col padre Oceano?

« Nel suo corso trionfale dà nome a contrade, sorgono città a' suoi piedi. Procede impetuoso lasciando dietro sè le cime fiammeggianti delle torri, i marmorei palazzi, creazione della sua abbondanza. L'atlante porta sulle sue gigantesche spalle case di cedro; intorno al suo capo sventolano sibilanti migliaja di bandiere. E così trasporta i fratelli suoi, i suoi tesori, i suoi figli, al genitore che l'aspetta, fremente di gioja in cuore » [1].

[1] Und im rollenden Triumphe
Giebt er Ländern Namen, Städte
Werden unter seinem Fuss.
Unaushaltsam rauscht er weiter,
Lässt der Thürme Flammengipfel,
Marmorhäuser, eine Schöpfung
Seiner Fülle, hinter sich.
Cedernhäuser trägt der Atlas
Auf den Riesenschultern; sausend
Wehen über seinem Haupte

Digitized by Google

Tausend Flaggen durch die Lüfte,
Zeugen seiner Herrlichkeit.
Und so trägt er seine Brüder,
Seine Schätze, seine Kinder,
Dem erwartenden Erzeuger
Freudebrausend an das Herz.

MAHOM. GESANG.

Digitized by Google

STUDIO DI H. HELMHOLTZ

Digitized by Google

Digitized by Google

SUL RIGELO.

La teoria del rigelo del ghiaccio ha dato luogo a dispute scientifiche tra Faraday e Tyndall da una parte, e i fratelli J. e W. Thomson dall'altra. Nella mia lezione ho ammessa la teoria di questi ultimi, or vi dirò le ragioni per le quali l'ho preferita.

Le esperienze di Faraday provano che una piccolissima pressione, anche quella prodotta dalla capillarità sul pelo d'acqua che si trova fra due pezzi di ghiaccio, basta per farli saldare assieme. James Thomson fece già notare, che nelle esperienze di Faraday la pressione che unisce i due pezzi di ghiaccio non fa assolutamente difetto; io mi sono assicurato per parte mia mediante esperienze, che questa pressione può essere minima. Bisogna però notare che, quanto più è debole la pressione, abbisognerà maggior tempo perchè i due pezzi di ghiaccio si abbiano a saldare assieme; in questo caso i *ponti di ghiaccio* che legano i due pezzi sono strettissimi e facilmente fragili. La teoria di J. Thomson spiega bene questi due fenomeni; in fatto, allorchè la pressione è poco elevata, la differenza di temperatura fra l'acqua e il ghiaccio è poca pur essa, e gli strati d'acqua che sono a contatto colle parti compresse del ghiaccio, non perdono che assai lentamente il loro calore latente; abbisogna dunque

Digitized by Google

loro necessariamente molto tempo perchè abbiano a gelare. Devesi notare altresì, che le due superficie di ghiaccio che stanno a contatto fra di loro, non si possono considerare quali assolutamente piane; con una pressione debole, la quale non può modificare in modo sensibile la loro forma, i due pezzi non si toccheranno per così dire, che in tre punti. Concentrato su così piccole superficie di contatto, la pressione totale, per quanto debole, potrà dare una pressione locale sufficiente per liquefare una piccola parte di ghiaccio e rigelare l'acqua così ottenuta; ma i punti di saldamento non occuperanno che una superficie piccolissima.

Quando la pressione è più forte, le forme dei pezzi di ghiaccio compressi possono meglio modificarsi e adattarsi, poichè i punti in contatto fondono più presto; ci sono differenze di temperatura maggiori fra acqua e ghiaccio; e quindi i ponti si formano più presto e diventano più larghi.

Onde meglio verificare questa lenta azione prodotta da deboli differenze di temperatura, ho fatto il seguente espemento; riempii per metà d'acqua un globo di vetro a collo lungo e sottile, scaldai fino ad ebollizione in modo da sprigionare tutta l'aria contenuta nel globo, poi chiusi ermeticamente col cannello ferruminatorio durante l'ebollizione. Il globo raffreddato è vuoto d'aria, e l'acqua contenuta non è più sottoposta alla pressione atmosferica; in tali condizioni, l'acqua rinchiusa nel globo può venir raffreddata di molto al di sotto di 0° prima che vi si incominci a formare del ghiaccio, ma una volta cominciata la solidificazione prosegue anche alla temperatura di 0°. Posi adunque il globo in una miscela frigorifera fino a che l'acqua fosse trasformata in ghiaccio, ne lasciai in

Digitized by Google

seguito fondere lentamente circa la metà, mantenendo il globo in una atmosfera a + 2°. Il globo, dentro il quale c'era un pezzetto di ghiaccio che nuotava sull'acqua, fu circondato completamente da una miscela d'acqua e di ghiaccio; dopo un'ora circa, il ghiaccio interno s'era fissato per congelamento sulle pareti di vetro del globo; lo si poteva staccare scuotendo il globo, si rimetteva questo nella miscela e il ghiaccio ritornava aderente alle pareti. Si tenne il globo per otto giorni nella miscela a 0°; si formarono sul fondo dei nettissimi cristalli di ghiaccio assai regolari che si andavano aumentando lentamente. Questo è forse il miglior metodo per ottenere dei cristalli di ghiaccio regolari. Intanto che il ghiaccio esterno, sottoposto alla pressione di una atmosfera, si liquefa a poco a poco, l'acqua all'interno, il cui punto di congelazione per la minima pressione s'innalza di 0°,0075, dà origine a cristalli di ghiaccio. In questo esperimento il calore tolto all'acqua doveva attraversare tutto lo spessore delle pareti del globo, il che, aggiunto alla piccola differenza di temperatura, spiega la lentezza colla quale si effettuava la congelazione.

La pressione di una atmosfera su 1 millimetro quadrato di superficie, equivale press'a poco un peso di 10 grammi; un pezzetto di ghiaccio del peso di 10 grammi, collocato su di un altro col quale abbia tre punti di contatto nella superficie di un millimetro quadrato, esercita adunque la pressione di una atmosfera, la quale basta a congelare gli strati d'acqua vicini, più presto dell'acqua contenuta nel globo o separata dal ghiaccio dalle pareti di vetro. Ancorchè il peso del pezzo di ghiaccio sia molto minore, la congelazione ha luogo lo stesso. Tosto che si forma

Digitized by Google

del ghiaccio nuovo, le superficie in contatto si fanno più larghe, la pressione esercitata dal pezzo di ghiaccio superiore agisce su di superficie più ampie e diventa minore, in modo che i piccoli ponti di ghiaccio aumentano di pochissimo e assai lentamente; e per questo si rompono con tanta facilità quando si tenta di separare i pezzi di ghiaccio.

Negli esperimenti di Faraday, due piastre di ghiaccio, forate, erano sostenute da un tubo di vetro, in modo che il peso non poteva premerle l'una contro l'altra; l'attrazione capillare però che si sviluppa in tal caso, basta per dare una pressione di pochi grammi fra le due piastre. Tali spiegazioni provano d'altronde, che una simile pressione produce dei ponti di ghiaccio fra le due piastre quando le si lasciano in contatto per un certo tempo.

Se si premono l'un contro l'altro fra le mani i cilindri di ghiaccio, dei quali già parlammo, questi si saldano così validamente dopo pochi istanti di contatto, da non poterli più separare tranne che impiegandovi una forza ingente e spesso non ci si riesce.

Ho constatato in generale nei miei esperimenti, che la forza di adesione dei due pezzi di ghiaccio e la rapidità colla quale si sviluppa questa forza, corrispondono così bene alla pressione impiegata da non lasciar più dubbio che la causa reale di tale unione sia proprio la pressione.

La spiegazione proposta da Faraday, che cioè il rigelo non sarebbe che l'effetto di un'azion di contatto fra acqua e ghiaccio, presenta, secondo me, una difficoltà teorica. Perchè l'acqua si congeli, bisogna che si sprigioni una ingente quantità di calorico latente; ora, in questa teoria, non è possibile dire cosa succeda di questo calorico.

Digitized by Google

Se il ghiaccio per cambiarsi in acqua dovesse passare per uno stato intermedio di fluidità viscosa, una mescolanza d'acqua e di ghiaccio, mantenuta per diversi giorni alla temperatura di 0°, dovrebbe alla fine passar tutta a questo stadio intermedio, tosto che tutta la massa avrà uniformemente raggiunta questa temperatura; or questo non avviene mai.

Quanto alla così detta plasticità del ghiaccio, James Thomson l'ha spiegata, ma non appoggiandola sulla formazione delle screpolature che si osservano nello spessore della massa. È manifesto che se un pezzo di ghiaccio sostiene delle pressioni ineguali su diversi punti della sua massa interna, una parte della porzione maggiormente compressa è obbligata a fondersi; forniscono il calorico latente necessario, il ghiacco meno compresso e l'acqua intorno; nei punti dove c'è compressione, una parte di questo ghiaccio scomparirà, mentre l'acqua si trasformerà in ghiaccio dove la pressione è minore; in tal modo il ghiaccio potrà realmente trasformarsi e cedere alla pressione. Questa trasformazione sarà lentissima a motivo della cattiva conducibilità del ghiaccio, quando gli strati di ghiaccio i più compressi e più freddi si trovino a molta distanza dall'acqua e dagli strati meno compressi che devono loro fornire il calorico necessario alla fusione. Ed è appunto questo che succede nei ghiacciai.

Onde verificare l'esattezza di questa teoria, posi in un vaso cilindrico di vetro un piccolo cilindro di ghiaccio, di 1 pollice circa di diametro, fra due piastre di ghiaccio, più grandi, del diametro di 3 pollici; sulla piastra superiore collocai un'altra piastra di legno caricata del peso di 20 libbre; in tal modo la sezione del piccolo cilindro

Digitized by Google

sosteneva una pressione di oltre una atmosfera. Tutto il vaso era circondato da pezzetti di ghiaccio, e fu serbato per cinque giorni in una camera colla temperatura di pochi gradi sopra zero; in tali condizioni, il ghiaccio sottoposto alla pressione del peso doveva fondere, e poteva darsi che il cilindro meno grosso, che portava maggior pressione, si fondesse più presto. Si formò un po' d'acqua nel vaso, ma a tutte spese quasi delle grosse piastre di ghiaccio che trovavansi alla parte inferiore ed alla parte superiore, e che ricevevano meglio il calorico della miscela d'acqua e ghiaccio esterna, attraverso le pareti del vaso di vetro. Si formò pure un piccol nucleo di ghiaccio recente, intorno ai punti di contatto del piccolo cilindro colla piastra inferiore, il che prova che l'acqua, scioltasi per effetto della pressione, erasi rigelata dove la pressione cessava di agire. Intanto, il pezzo di ghiaccio intermedio, che aveva sostenuta la pressione maggiore, non aveva subito cambiamento di forma apprezzabile.

Questo esperimento dimostrò, che se scorso un tempo sufficiente, deve prodursi un cambiamento di forma nel modo indicato da J. Thomson, continuando il ghiaccio a fondersi nei punti più compressi e riformandosi nuovo ghiaccio nei punti non sottoposti alla pressione, tali cambiamenti non si possono effettuare che con molta lentezza, tosto che diventa apprezzabile lo spessore del ghiaccio che deve lasciar passare il calorico. Un cambiamento notevole di forma, per effetto della fusione, in un mezzo a temperatura uniforme di 0°, non si potrebbe dare senza che vi giunga del calorico dal di fuori o dal ghiaccio non compresso e dall'acqua; le differenze di temperatura però che si verificano in questi fenomeni, insieme alla cattiva

Digitized by Google

conducibilità del ghiaccio, farebbero sì che il calorico vi penetrasse assai lentamente.

Al contrario, gli esperimenti sulla compressione del ghiaccio, descritti più indietro, mostrano che nel ghiaccio granulare il prodursi delle screpolature e lo spostamento delle pareti di queste fessure, fanno possibile un cambiamento di forma. La disposizione stratiforme del ghiaccio dei ghiacciai, l'aggregarsi di esso granulare, che si appalesa durante la fusione, il modo con che questi strati cambiano di posizione nel movimento, e altri fatti di simil genere, dimostrano ad evidenza che anche nei ghiacciai hanno luogo simili cambiamenti di forma. Tyndall adunque non si è sbagliato secondo me, cercando la vera causa e principale del movimento dei ghiacciai nel modo di formarsi dei crepacci e nel rigelo.

Bisogna altresì tener conto di questo, che nei grandi ghiacciai devesi sviluppare una ingente quantità di calore per sfregamento. Il calcolo infatti indica, che quando una massa di ghiaccio discende dal Col du Géant fino alla sorgente dell'Arveyron, la quattordicesima parte della massa del ghiaccio può fondersi per azione del calore sviluppato dal lavoro meccanico. Poichè lo sfregamento è massimo ai punti che sostengono la maggior pressione, le pareti di ghiaccio che rallentano il movimento del ghiacciajo si smaltiscono di preferenza.

La struttura granulare del ghiacciajo, della quale ho parlato più indietro, si osserva con molta facilità mediante la luce polarizzata. Se si comprime nella forma di ferro un pezzetto di ghiaccio trasparente, riducendolo allo spessore di 5 millimetri, si ottiene una piastra abbastanza trasparente da poterla esaminare colla luce polarizzata. Po-

Digitized by Google

sta questa lama nell'apparecchio di polarizzazione, vedesi nell'interno di essa una grande quantità di piccoli campi e di piccoli anelli. La disposizione dei colori permette di vedere facilmente i limiti dei grani di ghiaccio che compongono la piastra, adagiati confusamente gli uni vicino agli altri, senza alcuna orientazione dei loro assi ottici; tale aspetto a un dipresso incomincia a mostrarsi sul principio dell' esperimento quando il ghiaccio esce dal torchio, allorchè le screpolature vi si manifestavano ancora quali linee biancastre, e più tardi allorchè la pressione ha riempito d'acqua queste screpolature.

Onde spiegare in qual modo le diverse parti del pezzo di ghiaccio restano aderenti intanto che esso cambia di forma, bisogna notare che nel ghiaccio granulare, le screpolature non attraversano la massa, come vedesi direttamente comprimendo il ghiaccio; si formano e si distribuiscono in ogni senso, come quelle che si producono toccando un tubo di vetro con un filo metallico caldo. Il ghiaccio è dotato di una certa elasticità, e possiamo verificarlo coll'incurvare una sottil lamina di ghiaccio; in un masso di ghiaccio così screpolato, le pareti delle fessure si possono spostare quand' anche siano riunite da quelle parti del masso che non sono screpolate. Allorchè quella parte di screpolatura che si è formata per la prima chiudesi per rigelo, la screpolatura può continuarsi più lungi senza che per questo il masso di ghiaccio abbia cessato di costituire un corpo unico. Qui si potrebbe domandare se, i granuli in un pezzo di ghiaccio compresso o di ghiaccio di ghiacciajo, (costituito da una quantità di granuli di ghiaccio poliedri confusamente ammassati), sono affatto separati gli uni dagli altri anche prima di volerli

Digitized by Google

separare, o se piuttosto non sono riuniti da ponti di ghiaccio che si rompono facilmente, e se questi ponti non sono essi che danno la coesione, assai grande comparativamente, di questa massa che ci si appalesa altro non essere che un aggregato di granuli.

Le proprietà del ghiaccio che ora ho descritte, hanno un certo interesse altresì dal punto di vista della fisica, poichè il ghiaccio ci permette, meglio di qualunque altro corpo, di seguire passo passo il trasformarsi di una sostanza cristalizzata in corpo granulare, e di studiare le cause dalle quali dipende il cambiamento di proprietà che risulta da tale trasformazione. La maggior parte dei corpi non hanno disposizione cristallina regolare, nondimeno le nostre considerazioni teoriche non si appoggiano che a corpi cristalizzati e perfettamente elastici; l'esempio del ghiaccio cristallizzato fragile ed elastico che si converte in ghiaccio granulare ed elastico, mi pare, in proposito, esempio assai istruttivo.

H. HELMHOLTZ.

Digitized by Google

Digitized by Google

LETTERA DI J. TYNDALL

INTORNO ALLA CONFERENZA DI HELMHOLTZ

SUL GHIACCIO E SUI GHIACCIAI. [1]

Il signor Helmholtz mi inviò gentilmente uno scritto intitolato: *Lezioni scientifiche popolari*, e vi lessi nella prefazione, che più tardi si sarebbero pubblicati altri discorsi dello stesso genere di quelli contenuti nel volume. Il quale contiene quattro lezioni: *Del nesso delle scienze naturali colla scienze in genere. Sui lavori scientifici di Goethe. Sull'origine fisiologica dell'armonia musicale* [2]. *Sul ghiaccio e sui ghiacciai.* Il volume è scritto in tedesco e lascia desiderio che alcuno ne faccia la traduzione.

È facile capire com' io mi occupassi tosto dell' ultimo discorso, onde vedere in qual modo uno scienziato sì illustre avesse trattate le mie idee e le mie esperienze sulla formazione e sul movimento dei ghiacciai.

[1] Lettera indirizzata già al direttore del *Philosophical Magazine* di Londra.

[2] Le prime tre furono tradotte nella *Revue des cours scientifiques*, la prima e la terza nel volume IV, 1867, la seconda nel volume VII, 1870.

Digitized by Google

Helmholtz attribuisce il freddo che regna nelle regioni elevate dell'atmosfera alle cause generalmente ammesse, ma fa un' osservazione assai importante, ora che si disputa tanto sull'origine del vento caldo che chiamasi *foehn* in Svizzera. Helmholtz dice ben a ragione, che questo vento non solo è freddo sull'alto delle montagne ma che è anche *umido;* lassù perde l'umidità, e si riscalda poi discendendo per le valli; il calore adunque e la secchezza del foehn non sono una prova che questo abbia origine dal Sahara e non già dall'oceano Atlantico.

Da questo fatto, che premendo l'un contro l'altro due pezzi di ghiaccio si saldano assieme ai due punti di contatto, io dedussi la spiegazione del modo di formarsi dei ghiacciai, e del movimento loro attraverso valli di larghezza e di inclinazione diverse. Questo fatto mi era stato annunziato verbalmente da Faraday che l'ha scoperto; poco dopo, e molto tempo innanzi che mi si presentasse l'occasione di riflettere alle cause di questo fatto, mi si offerse quella dell'applicazione che se ne può fare a spiegare il modo di formarsi e il movimento dei ghiacciai. Allora appunto nevicava e c'era neve nella corte del *Royal Institution*; ne raccolsi e ne misi una certa quantità in una forma d'acciajo, che m'aveva servito per mostrare la influenza della pressione sui fenomoni magnetici, compressi la neve e ne ebbi con soddisfazione un cilindro di ghiaccio trasparente. Annunziai subito a Faraday che questo m'aveva convinto che il suo piccolo esperimento doveva servire di base alla vera teoria de' ghiacciai. Seppi più tardi che i signori Schlagentweit avevano fatto un esperimento analogo colla neve, ma non ne avevano dedotte le conclusioni che mi si presentarono alla mente,

Digitized by Google

le quali vennero poi sviluppate e fanno una delle teorie del movimento dei ghiacciai.

Abbiamo già visto (pag. 273) la forma adoperata in questo esperimento. *BB* è la base della forma, *AA* un cilindro cavo che può entrare nella base, *CC* lo stantuffo solido che serve a comprimere la neve; quando questa è compressa a sufficienza, si toglie via il fondo *BB*, e mediante lo stantuffo si spinge fuori il cilindro di ghiaccio. Questa forma rassomiglia in tutto a quella adoperata da Helmholtz.

Son noti gli esperimenti che seguirono dopo questo, nei quali si davano al ghiaccio forme svariate sotto l'influenza della pressione. Applicando questi risultati alla teoria dei ghiacciai, ebbi di mira in modo speciale questo fatto, che se il ghiaccio possiede in alto grado la facoltà di assumere forme diverse sotto la *pressione*, manca affatto dell'altra proprietà di cedere allungandosi per azione di una forza di *tensione*. Ed ecco in qual modo Helmholtz si esprime in proposito: « Tyndall affermò, provandolo col calcolo e coll'osservazione, che il ghiaccio di ghiacciajo non si allunga affatto per azione di tensione, e che sotto l'azione di una tensione sufficiente si rompe sempre; » e più lungi aggiunge che tale proprietà costituisce una differenza essenziale tra un fiume di ghiaccio e uno di lava, di bitume, di miele o di fango.

Gli splendidi esperimenti del signor Tresca provano luminosamente la proprietà che ha il ghiaccio di assumere forme diverse sotto l'azione della pressione; Helmholtz dimostrò con esperimenti svariati questa proprietà del ghiaccio, ai suoi uditori di Heidelberg e di Francoforte, trasformando neve e pezzetti di ghiaccio in forme diverse,

Digitized by Google

in cilindri; unendo pei capi un certo numero di tali cilindri li lasciò saldare assieme e ne formò bastoni di ghiaccio; poi sottoponendo un cilindro di ghiaccio della figura indicata a pag. 276, *a*, in una forma conveniente, lo compresse e ne ebbe un corpo della figura *b*. Ha in fatti corroborato di una serie di brillanti esperimenti immaginati da lui, i risultati che io aveva già ottenuti.

Quanto all'applicazione di questi risultati al fenomeno dei ghiacciai, Helmholtz, fattosi sicuro dell'insufficienza delle altre ipotesi, esprime così la sua convinzione: « Non ho dubbio che Tyndall abbia indicata la causa essenziale e principale del movimento dei ghiacciai, attribuendolo al rompersi e al rigelo del ghiaccio ».

Giova notare, che la parola rigelo fu introdotta, per la prima volta, in una memoria pubblicata da Huxley e da me, sette anni dopo la scoperta del fatto stesso per opera di Faraday e che ci fu indicato dal dottor Hooker ora direttore dei giardini reali di Kew. Come già osservai, la formazione e il movimento dei ghiacciai e d'altri fenomeni della stessa natura, eransi già attribuiti al rigelo molto tempo prima ch'io mi occupassi della causa stessa del rigelo; nella memoria ove fu sviluppata per la prima volta la teoria del rigelo non si fa alcun cenno di tale questione; è questione della stessa natura ma affatto diversa. Col riferire il movimento dei ghiacciai a un fatto dimostrato coll'esperienza, non ho fatto che attribuirlo alla sua causa *prossima*. Il volere far risalire questa causa agli antecedenti fisici *suoi*, è oggetto di una investigazione distinta, nella quale non ebbi che una parte relativamente minima, a motivo della fede mia nell'esattezza sostanziale della spiegazione di Faraday.

Digitized by Google

Cinque scienziati si sono occupati di tale argomento: Faraday, Forbes, J. Thomson, W. Thomson, e me stesso. James Thomson spiega il rigelo, basandosi su di una importante conseguenza dedotta da lui prima e quasi al tempo stesso da Clausius, dalla teoria meccanica del calore. Risulta da questa teoria, che la temperatura di congelamento dell'acqua deve abbassarsi per azione della pressione; ciò vuol dire che l'acqua sottoposta a una certa pressione, resterà liquida ad una temperatura alla quale si solidificherebbe cessando la pressione. Tale deduzione teorica è stata luminosamente confermata dagli esperimenti di suo fratello, il professore W. Thomson. Ecco in qual modo la teoria di Thomson spiega il rigelo: « Allorchè si collocano l'uno presso all'altro o l'uno su l'altro due pezzetti di ghiaccio, le parti compresse si liquefanno. L'acqua così prodotta fece latente una parte di calore del ghiaccio circondante onde la temperatura di esso sarà discesa al di sotto di 0°. Cessando la compressione quest'acqua rigela e salda assieme i due pezzetti di ghiaccio ». Ho sempre ammesso che questa spiegazione si fonda su di una *causa vera*; ma, considerando la quantità infinitesimale della pressione sufficiente a produrre il rigelo, ho pensato con Faraday e con Forbes, che questa causa fosse insufficiente. James Thomson basò sulla sua teoria del rigelo una teoria del movimento dei ghiacciai, nella quale attribuisce i cambiamenti di forma che subisce il ghiacciajo, all'incessante liquefarsi del ghiaccio nei punti dove si esercita la pressione e al congelarsi dell'acqua che ne risulta negli altri punti. Altrove ho già dimostrato che questa teoria non spiegava i fatti osservati. Helmholtz l'ha di recente sottoposta all'esperienza, e le conclusioni

Digitized by Google

cui addivenne sono identiche alle mie: l'impossibilità pel ghiaccio di stendersi per influenza della tensione, e la proprietà che ha di assumere forme diverse per azione della pressione — la differenza essenziale che c'è tra un ghiacciajo e un fiume di lava, di miele o di bitume — la pressione ed il rigelo bastano a spiegare la formazione dei ghiacci — il rompersi e il rigelo ne spiegano il movimento — l'insufficienza infine della teoria che attribuisce questo movimento al liquefarsi per pressione e al congelarsi di nuovo.

È tutt'altro allorchè si tratta della causa stessa del rigelo. Helmholtz, come Jamin [1], accetta la spiegazione chiara e definita di J. Thomson come la più soddisfacente fra tutte, e appoggia la sua scelta su di un esperimento così brillante che non può a meno di essere aggradita anche a coloro che non sono della stessa opinione. Ma prima di parlare dell'esperimento descritto in una nota aggiunta alla lezione (v. pag. 291) è bene il citare le parole stesse colle quali Helmholtz esprime l'opinione sua nel corso della lezione:

« Certo mi domanderete, sorpresi, come mai il ghiaccio, il meno flessibile, il più fragile delle sostanze che si conoscano, possa colare per un ghiacciajo come una sostanza viscosa?... » (V. Conferenza di Helmholtz, pag. 267). E più innanzi (pag. 287): « La teoria del rigelo del ghiaccio ha dato luogo a una disputa scientifica tra Faraday e Tyndall da una parte, e James e William Thomson dall'altra. Io ho addottata la teoria di Thomson ed espongo le ragioni per le quali ho scelta questa ». Quindi fa l'analisi

[1] *Traité de physique*, volume II, pag. 105.

Digitized by Google

delle ragioni esposte da una parte e dall'altra, nota le difficoltà teoriche che risultano dalla spiegazione di Farady, mostra l'effetto che può produrre una debole pressione se la si lascia agire a lungo, e ferma l'attenzione sul fatto, che quando si pone un pezzo di ghiaccio su di un altro, la pressione non è distribuita sulla totalità delle superficie sovrapposte, ma che è concentrata su alcuni punti soli di contatto. Opina così con J. Thomson che, nell'esperimento di Forbes, l'attrazione capillare esercitata fra le due piastre basta per produrre il rigelo. Per dimostrare l'azione lenta delle piccole differenze di temperatura che hanno parte in tal caso, Helmholtz fa il seguente esperimento, cui ho già accennato:

« Per dimostrare questa lenta azione prodotta da differenze deboli di temperatura, ho instituito il seguente esperimento: Riempio, ecc.... » (V. a pag. 288).

Avrei voluto che questo brillante esperimento di Helmholtz soddisfacesse a una semplice condizione di più, avrei voluto cioè, che l'acqua nella quale si immergeva la sfera fosse stata libera dall'aria per ebollizione, assolutamente come l'acqua che si trova nella sfera. Può darsi che il punto di congelamento non sia del tutto indipendente dalla presenza d'aria nell'acqua.

Siccome la questione del rigelo è stata rimessa sul tappeto da Helmholtz, ho instituiti nuovi esperimenti sulla duttilità e sul rigelo del ghiaccio; il seguente fa spiccare queste due proprietà del ghiaccio: raschiata dalla superficie di un pezzo di ghiaccio trasparente una certa quantità di polvere di ghiaccio, la posi in un modulo di bosso della forma del piede di un bicchiere a calice; con un torchio idraulico ho compresso la polvere di ghiaccio

Digitized by Google

e ne ottenni un pezzo di ghiaccio trasparente che riproduceva la forma del modulo. Con un'altro modulo e con altra polvere come questa ottenni tre piccoli cilindri di ghiaccio trasparente, e con un terzo, una tazza di ghiaccio trasparente; posti questi pezzi uno sopra l'altro, si saldarono per rigelo, e se ne ebbe così un vero bicchiere a calice col quale si sarebbe potuto bere, purchè il liquido fosse abbastanza freddo.

Ci sono delle forme di rame che servono a fare dei fiori artificiali e che si prestano ottimamente al rigelo del ghiaccio; il signor Beker me ne procurò una; comprimendovi della polvere di ghiaccio, ne ottenni, per rigelo, una massa solida della forma esatta del modulo.

Posi nell'acqua calda un pezzetto di ghiaccio, tenendolo sommerso sotto al peso di un secondo pezzo di ghiaccio; la parte sommersa era tanto piccola che la pressione verticale era press'a poco infinitesimale, e non di meno si saldò alla superficie inferiore del pezzo di ghiaccio sovrapposto. Due pezzi di ghiaccio collocati in un vaso di acqua calda, discosti l'uno dall'altro, si saldarono assieme tosto che si toccarono; le parti che circondavano i punti di contatto fondevano rapidamente, ma i due pezzi continuarono per un certo tempo a stare uniti mediante uno stretto ponte di ghiaccio; poi anche questo si liquefece e i due pezzi si trovarono separati. Si sa che due corpi bagnati dall'acqua e contro dei quali l'acqua s'innalza per capillarità, si ravvicinano quando siano a galla; i pezzi di ghiaccio, in fatti, si avvicinarono ed immediatamente ebbe luogo il rigelo; si formò un altro ponte, questo si liquefece alla sua volta e i due pezzi si separarono; si aveva così una specie di pulsazione fra i due pezzi di

Digitized by Google

ghiaccio, che continuavano ad avvicinarsi successivamente, saldarsi, poi separarsi di nuovo. Questo ci spiega il fatto curioso che quando si mettono dei grossi pezzi di ghiaccio nell'acqua calda, allorchè si toccano fra di loro, restano uniti per rigelo fino a completa fusione; gli ultimi pezzi posson essere alla fine meno della centesima parte di quel che erano, e per tutto il tempo che dura la serie dei fenomeni che ho descritti, stanno sempre uniti fino a che si liquefanno affatto. Ciò che è vero per i pezzi di ghiaccio che nuotano in un bacino d'acqua, lo è pure pei massi di ghiaccio del lago Maerjelen. Se si facesse attenzione, si potrebbe osservare l'azione del rigelo anche fra le montagne di ghiaccio dell'Oceano, e con una certa dose di abilità, si potrebbero fare delle curiose osservazioni sul rigelo dei ghiacci galleggianti.

Secondo la teoria di J. Thomson, perchè abbia luogo il rigelo, i pezzi di ghiaccio devono esercitare una certa pressione l'un contro l'altro, e togliere al ghiaccio vicino il calore necessario alla liquefazione della parte compressa; l'acqua in seguito sfugge e rigela; e per questo ci vuole del tempo. Negli esperimenti precedenti, l'acqua liquefatta dalla pressione si perde nell'acqua calda circostante, e nondimeno i pezzi di ghiaccio galleggianti rigelano in un istante. Non è necessario che le superficie di contatto siano piane, poichè in tal caso si può supporre che ci sia fra di esse uno strato d'acqua a 0°. Le superficie di contatto possano essere convesse, i punti che si toccano virtuali, ricoperti completamente dal liquido caldo che li scioglie rapidamente intanto che si avvicinano, e nondimeno si saldano assieme immediatamente non appena si toccano.

Helmhotz insiste su due punti: uno è favorevole all'i-

Digitized by Google

potesi che egli ha accettata, e l'altro accenna ad una difficoltà inerente alla spiegazione di Faraday. « Trovo » egli dice, « che la rapidità e forza d'unione dei pezzi di ghiaccio, corrispondono sì completamente alla pressione impiegata, che non posso dubitare che la pressione non sia in fatto la causa sufficiente di questa unione. »

Ma, secondo la spiegazione di Faraday, la forza e la rapidità del rigelo devono andar di pari passo colla quantità di pressione impiegata. Helmholtz insiste ben a ragione sul fatto che le superficie a contatto non sono unite perfettamente, e che in realtà non si toccano che per alcuni punti, il che concentra l'effetto della pressione. La pressione esercitata sui due pezzi di ghiaccio alla temperatura di 0°, non ha solo per effetto quello di diminuire lo spessore del sottile strato liquido che si trova fra i due pezzi, ma appiana altresì i punti di contatto ed espande il pelo d'acqua su di una superficie più estesa. Così nelle due teorie, la forza e la rapidità del rigelo devono corrispondere alla quantità della pressione.

Helmholtz esprime con questi termini la difficoltà cui accennava or ora: « Nella spiegazione data da Faraday, secondo la quale il rigelo sarebbe prodotto da un'azione di contatto fra l'acqua e il ghiaccio, si manifesta una difficoltà teorica. Pel congelarsi dell'acqua si mette in libertà una quantità assai sensibile di calore, e non si sa quel che ne succede. »

I partigiani della spiegazione data da Faraday, devono rispondere che il calore fatto libero si diffonde attraverso il ghiaccio vicino; al che si può certo opporre che, trovandosi il ghiaccio a 0°, non può assorbire una nuova quantità di calore senza liquefarsi. Se questo è vero co-

Digitized by Google

stantemente, devesi ad evidenza rifiutare la spiegazione di Faraday, ma l'essenza stessa di questa spiegazione pare stia in ciò, che le parti interne della massa di ghiaccio hanno bisogno di una temperatura più elevata che non gli strati della superficie; supponiamo che un fascio di calor solare o di luce elettrica passi attraverso a un pezzo di ghiaccio; questo si risolve in fiori liquidi a sei petali, già descritti altrove; i fiori si espandono allorchè il fascio continua ad agire, l'energia della parte di fascio assorbita, vien tutta impiegata nello espandere i fiori che si son formati nei primi secondi, e non già a formarne di nuovi. La teoria di Faraday implica l'idea che non si posson formare i fiori nella massa se la temperatura delle parti interne non è solida al di sopra di 0°, mentre alla stessa temperatura il ghiaccio alla superficie si liquefa. Ora, se si comprimono l'una contro l'altra due superficie di ghiaccio umido alla temperatura di 0°, e se, in forza dell'azione di contatto supposta da Faraday, lo strato d'acqua che li separa gela, il ghiaccio adjacente (che ora sta all'interno e non più alla superficie come in principio), trovasi in ottime condizioni per appropriarsi per conducibilità, senza pregiudizio della propria solidità, la debole somma di calore sviluppata. Se si ammette l'azione di contatto supposta da Faraday, non pare dunque che ci sia difficoltà a dar conto del calore sviluppatosi pel congelarsi del sottile strato umido.

Allorchè si va innanzi nell'annata, quando il ghiaccio importato in Londra è rimasto per lungo tempo nelle ghiacciaje, esaminandolo con diligenza, trovansi nell'interno della massa delle particelle d'acqua liquida. Involto in una foglia di stagno del ghiaccio che conteneva tali particelle d'ac-

Digitized by Google

qua, lo posi in una miscela frigorifera fino a perfetta congelazione delle particelle liquide; tolto fuori il ghiaccio dalla miscela lo posi in una camera oscura, lasciandolo ancora nel suo involucro; espostolo per alcune ore ad una temperatura alquanto al di sopra di 0°, vi ritrovai di poi le particelle liquide. Il calore sufficiente a liquefare questo ghiaccio interno, passava attraverso gli strati esteriori senza pregiudizio alcuno della solidità del ghiaccio; ma se la temperatura di congelamento delle particelle di ghiaccio era di 0° centigr., quella pure di congelamento della massa circostante doveva essere al di sopra di 0°, il che è conforme alla spiegazione di Faraday.

Nel descrivere il brillante esperimento che ho ricordato, Helmholtz stabilisce che l'acqua privata d'aria può discendere, senza gelare, ad una temperatura molto inferiore di 0°; se invece trovasi nell'acqua stessa un pezzo di ghiaccio, la temperatura non può discendere e resta sempre a 0°. Ciò prova che il ghiaccio possiede uno speciale potere di solidificarsi in confronto dell'acqua. Bisogna notare, che è fatto generale, che un cristallo di un sale qualunque, posto in una soluzione satura di questo stesso sale, provoca sempre la cristallazione. Applicando questo fatto al pelo d'acqua che sta fra le due superficie compresse, sembrami probabilissimo che l'azione di contatto di Faraday consista in ciò, che il pelo d'acqua gela e salda assieme i pezzi di ghiaccio.

Si sa che il ghiaccio fondendosi, è un'osservazione che merita d'esser riferita, si scompone in modo da formare dei prismi grossolani con assi perpendicolari al piano della superficie di congelamento; è un fatto che osservai di frequente e su larga scala negli inverni che passai, stu-

Digitized by Google

dente, sulle rive della Lahn. La formazione di questi prismi è in certi casi interessantissima; esaminandoli da vicino, si osserva una specie di appannamento all'interno di una massa che pare ghiaccio trasparentissimo, questo appannamento pare dipenda da strisce perpendicolari alla superficie di congelamento; dirigendo lo sguardo perpendicolarmente a questa superficie, le estremità delle strisce diventano apparenti; gli spazii liberi fra di esse sono costituiti da ghiaccio trasparentissimo. Gli oggetti che producono l'appannamento sono eccessivamente minuti, ma esaminandoli con molta diligenza trovasi che sono costituiti da pile di fiori liquidi piccolissimi, i piani dei quali sono disposti ad angolo retto colla direzione delle strisce.

Dopo aver scritto quanto precede, ho ricevuto una copia di un discorso pronunciato dal sig. de la Rive all'apertura della quarantanovesima riunione della Società elvetica, che ebbe luogo quest'anno a Ginevra. Di questo importante riassunto delle nostre attuali cognizioni sui ghiacciai, vi riferisco alcuni sommarii i quali, insieme a quanto vi ho detto della lezione di Helmholtz, basteranno a dimostrarvi in qual modo e cosa pensino in oggi intorno a questo argomento gli scienziati competenti.

« Tale è, dice il signor de la Rive, la descrizione dei fenomeni dei ghiacciai, or mi resta a spiegarli, interrogarne l'osservazione e dedurne il carattere fondamentale del fenomeno. L'osservazione ci insegna che il peso è la forza motrice, e che questa forza agisce su di un corpo solido, il ghiaccio, e gli imparte un moto lento e continuo. Che ne possiamo concludere? Che il ghiaccio è un corpo solido che possiede la proprietà di colare come sostanza viscosa; conclusione che pare semplicissima, ma

Digitized by Google

che pure non fu espressa che da venticinque anni da un distintissimo fisico, James Forbes. Questa teoria, poichè è tale in realtà, basandosi su fatti altrettanto numerosi quanto bene osservati, enuncia questo principio: che il ghiaccio possiede le qualità caratteristiche che appartengono ai corpi plastici. Quantunque Forbes non l'abbia dimostrato direttamente, gli spetta pur sempre il gran merito di aver insistito sulla plasticità del ghiaccio, prima che Faraday, scoprendo il fenomeno del rigelo, permettesse a Tyndall di dimostrare la realtà, in parte almeno, di questa plasticità.

« L'esperimento di Faraday è diventato classico e non è estraneo al nostro soggetto; consiste, come sapete, nel fatto, che due pezzi di ghiaccio messi a contatto, immersi nell'acqua quand'anche calda, si saldano assieme. Tyndall ha intraveduto tosto l'applicazione dell'esperimento di Faraday alla teoria dei ghiacciai; ha compreso che, se due pezzi di ghiaccio possono così saldarsi assieme, questa sostanza di che sono formati può esser rotta, posta in una forma, compressa e forzata ad assumere la forma della cavità che la racchiude. Ponendo per esempio dei frammenti di ghiaccio e comprimendoli in una cavità sferica, ne otteniamo una sfera di ghiaccio, se si mette questa sfera in un altra forma a cavità lenticolare, e la si comprime, trasformiamo la sfera in una lente; e così possiamo imprimere al ghiaccio la forma voluta.

« Tale è la scoperta di Tyndall, scoperta davvero, quando si consideri le conseguenze di essa, perchè tutte queste forme, ingrandite, diventano poi i margini delle valli nelle quali cola il ghiacciaio; in questo caso l'azione del torchio idraulico che servì negli esperimenti di laboratorio, è so-

Digitized by Google

stituita dal peso delle masse di neve e di ghiaccio ammonticchiate sulle vette e che esercitano la pressione loro sul ghiaccio che discende nella valle. Supponiamo, per esempio, che tra la forma sferica e quella lenticolare ci sia una serie graduata d'altre forme, ciascuna delle quali un po' diversa da quella che la precede e da quella che la segue, e supponiamo che si possa obbligare la massa di ghiaccio a passare successivamente attraverso tutte queste forme; il fenomeno allora diventerà continuo. Invece di rompere bruscamente, il ghiaccio passerebbe per gradi insensibili dalla forma sferica alla forma lenticolare, mostrerebbe così una plasticità da paragonarsi a quella di molle cera. Ma il ghiaccio non è plastico che sotto l'azione della *pressione*, non lo è sotto quella della *tensione*, ed è qui il punto importante cui non sapeva spiegare la vaga teoria della plasticità. Un corpo viscoso come bitume o miele, si può stirare in filamenti colla trazione, il ghiaccio, invece, rompesi allora come vetro. Diventò facile per Tyndall, una volta ch'egli ebbe stabiliti questi fatti, di spiegare il meccanismo dei ghiacciai e di dimostrare, col concorso di William Hopkins, geometra inglese, che la direzione dei crepacci dei ghiacciai era una conseguenza necessaria del movimento di questi. » (Questo discorso trovasi nella *Revue scientifique*, 2ª serie, tomo III, pag. 566, 14 dicembre 1872).

Ho ricevuto da poco una forma costrutta dall'abile e intelligente meccanico il signor Becker, e jeri (16 novembre), feci con questa un esperimento che, per la facilità colla quale può esser ripetuto, interesserà tutti quelli che cercano di dimostrare in modo evidente ed istruttivo gli effetti del rigelo. La forma consiste di due pezzi

Digitized by Google

di ferro fuso che si possono sovrapporre e sono mantenuti da un rettangolo di acciajo che scorre su di essi; la faccia interna di ciascuna di queste piastre porta incavato un mezzo anello che comunica con un tubo semi-cilindrico. Sovrapposte queste due piastre, formano all' interno della forma, un anello completo del diametro esterno di quattro pollici e dello spessore di tre quarti di pollice, in comunicazione con un condotto cilindrico di un pollice di diametro, nel quale può scorrere uno stantuffo di acciajo levigato. Due piccole caviglie, poste sulla superficie interna di una piastra e che entrano nei fori corrispondenti dell'altra, impediscono ai due pezzi di scorrere l'uno sull'altro. Raffreddata la forma coll'immergerla per un certo tempo in una miscela di acqua e ghiaccio, si fanno entrare dei frammenti di ghiaccio nel condotto cilindrico, spingendolo nell' anello collo stantuffo e a colpi di martello. I pezzi di ghiaccio entrando nell' anello così rotti e schiacciati, si dividono in due parti, l'una va a destra l'altra va a sinistra, e si continua così fino a che la forma trovasi riempita. Levando allora il rettangolo che fissa le due piastre, si apre la forma, e vi si trova un anello completo di ghiaccio con un appendice cilindrica. Si possono saldare per rigelo le appendici di due di questi anelli, e si costruirebbe così una catena di ghiaccio. Per questo esperimento si può adoperare il torchio idraulico, ma non è necessario; battendo sullo stantuffo col martello, si ottengono degli anelli di ghiaccio bellissimi col rigelo dei frammenti schiacciati.

Terminerò colla descrizione di un esperimento suggerito al mio ingegnoso amico signor Duppa, dall'esame degli anelli di ghiaccio ottenuti coll'esperimento or ora de-

Digitized by Google

scritto: fu fatto nel laboratorio del Reale Istituto. Si versa in un vaso addattato una certa quantità di gesso vi si mette sopra l'anello di ghiaccio e si copre l'anello con altro gesso. Questo fa presa racchiudendo l'anello, il quale fondendosi poi, lascia di esso uno stampo perfetto. Allorchè questo stampo è diventato secco, vi si cola del piombo fuso pel cavo già prima occupato dal ghiaccio, e si ha così un anello di piombo. Il ghiaccio si addatta a tutte le configurazioni colle forme, e se ne possono formare delle statuette, dei vasi di fiori e una quantità svariati di ornamenti. Tali oggetti di ghiaccio, involti da un cemento col metodo indicato dal signor Duppa, restano intatti per qualche tempo, tanto che il cemento può addattarsi su di essi; col liquefarsi si dissipano e lasciano una forma esatta di gesso col quale si può riprodurre l'oggetto.

J. TYNDALL.

Digitized by Google

Digitized by Google

LETTERA DI HELMHOLTZ

AL SIG.r EM. ACLAVE

REDATTORE IN CAPO DELLA REUVE DES COURS SCIENTIFIQUES.

Signore,

Mi domandate se ho delle osservazioni da fare sugli esperimenti ingegnosi del signor Tyndall. Vi faccio notare che gli esperimenti fatti coi pezzi di ghiaccio galleggianti sull' acqua, dimostrano che, pressioni minime bastano a saldare due pezzi di ghiaccio. Le forze che in tal caso esercitano pressione fra i due pezzi di ghiaccio sono, in parte la differenza di peso specifico del ghiaccio e dell'acqua, in parte le attrazioni capillari che si sviluppano fra i due pezzi che galleggiano sull' acqua. Più bisogna notare, che per trattenere insieme due pezzi di ghiaccio galleggianti, basteranno dei ponti di ghiaccio molto più stretti di quello che non si richiede per due pezzi di ghiaccio nuotanti nell'aria, nel qual caso è in fatti difficilissimo equilibrarli altrettanto bene quanto nell'acqua.

Il calore radiante che attraversa una massa di ghiaccio, liquefa di preferenza certe parti determinate, poste nell'interno della massa. Si potrebbe forse spiegare questo fenomeno ammettendo che, in tali posizioni, diversi cri-

Digitized by Google

stalli di ghiaccio siansi saldati assieme producendo così una certa pressione. Se si fa rigelare l' acqua che proviene da questa liquefazione, si riproduce nell'interno della massa la pressione locale, un nuovo fascio calorifero farà liquefare queste stesse parti, e non è necessario che si trovino alla superficie.

Secondo la teoria di Tyndall, il calore latente sprigionatosi ai punti dove i due pezzi di ghiaccio si saldano, deve distribuirsi sul ghiaccio prossimo, e siccome in ogni caso, è piccolissima la differenza tra i punti di fusione del ghiaccio interno e dell' esterno, bisogna che questo calore si spanda su una massa di ghiaccio relativamente ingente, se nessuna porzione di ghiaccio abbia a liquefarsi. La cattiva conducibilità del ghiaccio e la differenza minima di temperatura dei punti di fusione, mi fanno credere che questa spiegazione sia inverosimile, nei casi nei quali il ghiaccio si salda rapidamente sotto una forte pressione, foss' anche un colpo di martello. Confesso che fin' ora è impossibile determinare con calcolo esatto il tempo necessario alla trasmissione del calore in questo esperimento, e che quindi la disputa non si può ritenere definita. Io non diedi la preferenza alla teoria di J. Thomson, se non perchè basata esclusivamente su fatti noti.

Aggradisca, ecc.

H. HELMHOLTZ.

FINE.

SVBLACENSE PROPOCENOBIO

36439

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google